Elektrometer.

Elektricitätsmesser, Elektroskop; *Electrometrum;* Electromètre; *Electrometer.* Eine Vorrichtung, um die Stärke und Beschaffenheit der Elektrometrie eines Körpers zu bestimmen, oder die elektrischen Erscheinungen in einem verlangten Grade der Stärke hervorzubringen.

Die meisten Instrumente dieser Art verdienen mehr nur den Namen der *Elektroskope* als eigentlicher *Elektrometer,* sofern sie keine genaue quantitative Bestimmungen gewähren, sondern nur im Allgemeinen anzeigen, ob die E. stärker oder schwächer sey. Indefs haben die Physiker sich doch in dem Verhältnisse, in welchem durch die fortschreitenden Entdeckungen auch in der Elektricitätslehre alle Bestimmungen sich mehr der mathematischen Schärfe näherten, gleichfalls mehr und mehr bemüht, auch diesen Instrumenten jene Vollkommenheit zu verschaffen, welche den Namen eigentlicher Mafse bei den Barometern, Thermometern, Hygrometern u. u. s. rechtfertigt. Eine solche Vervollkommnung war jedoch dadurch nur erreichbar, dafs einerseits die Wirkungsgesetze der el. Kräfte, welche gemessen werden sollten, mathematisch genau bestimmt wurden, andererseits die Wirkungen, durch welche diese Kräfte gemessen werden sollten, eine genau quantitative Bestimmung zuliefsen. Die Erfüllung dieser beiden Fundamentalbedingungen bil-

det demnach die Grundlage jeder wahren *Elektrometrie*. Ist eine solche gewonnen, so sind eben damit auch Elektrometer ausführbar, und zwar, wie dieses bei allen ächten Metern der Fall ist, vergleichbare, welche allenthalben dieselbe Sprache reden, und eine genaue Vergleichung der Beobachtungen der Physiker über die Stärke der E. unter den verschiedensten Umständen an allen Orten und zu allen Zeiten zulassen. Um in die Darstellung dieser wichtigen Lehre so viel Ordnung und Klarheit wie möglich zu bringen, wird es am angemessensten seyn, in diesem Artikel nur erst eine historische Aufzählung der verschiedenen Aenderungen, die mit diesen Instrumenten vorgenommen worden sind, und ihrer allmäligen Verbesserungen, und zugleich eine genauere, durch Abbildungen erläuterte, Beschreibung der brauchbarsten derselben zu liefern, und in dem folgenden Artikel: *Elektrometrie*, die Grundsätze zu erörtern, nach welchen der Werth und die Brauchbarkeit dieser verschiedenen Instrumente zu beurtheilen ist.

In Rücksicht auf die verschiedenen Zwecke, welchen diese Instrumente genügen sollen, lassen sie sich unter verschiedene Classen bringen. Bei einigen derselben ging nämlich das Haupt-Augenmerk der Erfinder mehr dahin, den Physikern ein Instrument in die Hände zu geben, durch welches sehr schwache Grade von E. noch erkennbar gemacht werden sollten, welche Gattung von Elektrometern daher auch von einigen mit dem Namen *Mikro-Elektrometer* belegt wurden, andere dagegen wurden gerade umgekehrt für die höheren Grade der E. eingerichtet, die man *Mega-Elektrometer* nennen könnte, noch andere wurden vorzüglich erdacht, um die Grade der verstärkten E. bei geladenen Flaschen und Batterieen genauer zu bestimmen, sogenannte *Ladungs-* oder *Ausladeelektrometer*, endlich wurden einige besonders für die Untersuchung der atmosphärischen E., sogenannte *Luftelektrometer* eingerichtet. Da jedoch einige Instrumente mehreren dieser Zwecke zugleich

entsprechen, so werde ich mich mehr an die Zeitfolge, in welcher diese verschiedenen Instrumente nach der Reihe in die physikalischen Apparate eingeführt wurden, halten, als eine strenge Absonderung nach diesen verschiedenen Zwecken beobachten.

Gray bemerkte zuerst, dafs Fäden, die an einer elektrisirten Stange hingen, sich zurückstiefsen und von einander flohen. Du Fay fand eben dieses, und zwar bei leinenen oder Zwirnsfäden am stärksten. Der Letztere benutzte seit dem Jahre 1733 dieses sehr einfache Mittel, zwei Fäden oder nur einen doppelt gespaltenen frei von einer Stange herabhängen zu lassen, um daran leicht zu erkennen, wie bald die Stange elektrisirt werde, und wie bald sie diese E. wieder verliere. Nollet, welcher bei diesen Versuchen zugegen war, sah wohl ein, dafs man von dieser Entfernung der Fäden mehr Vortheil ziehen, und aus der Gröfse ihres Winkels oder ihrer Divergenz auf den Grad ihrer E. schliefsen könne. Weil man aber keinen fremden Körper an diese Fäden bringen durfte, so schlug er vor[1], den Winkel derselben durch ihren auf einem Brette aufgefangenen Schatten mit einem Gradbogen zu messen.

Waiz[2] schlug vor, an die Enden der Fäden kleine Metallplättchen oder Gewichte zu hängen. Er nahm dazu seidene Fäden, und die Gewichtchen gingen aus einander, wenn er einen geriebenen Glascylinder in ihre Nähe brachte. Er machte sich Hoffnung dadurch die zurückstofsende Kraft mit der Schwere vergleichen zu können. Le Roy und D'Arcy[3] schlugen vor, durch die Erhebung eines in einem mit Wasser ganz gefüllten Gefafse schwimmenden, wie ein Araeometer geformten Glases, vermöge der Repulsion, welche zwischen einem an seinem Halse befestigten Scheibchen und einer messingenen Scheibe, womit das Gefafs zugedeckt ist, statt findet, die Stärke dieser Repulsion, und damit die Intensität der E. an dem Leiter, welcher dieser Scheibe seine E. mittheilt, zu messen. Nur für sehr hohe Grade von E. dürfte indefs eine solche Vorrichtung irgend einigen Ausschlag geben. Ellicot[4] schlug eine Wage vor, wo das Gewicht in einer Schale zeigt, wie stark ein elek-

1 Mem. de Paris 1757.
2 Abhandl. von der E. und deren Ursache. Berlin 1745. 4.
3 Mem. de Paris 1749.
4 Phil. Trans. Vol. LXV. 1775. No. 486.

trisirter Leiter die darüber gehaltene andere Schale anziehe[1]. Auf ähnlichen Gründen beruht auch ein Vorschlag von Gralath[2]. Canton[3] richtete 1753 die von Du Fay gebrauchten Fäden zu dem lange Zeit im Gebrauch gebliebenen Korkkugelelektrometer ein. Er liefs aus Kork oder Hollundermark zwei kleine Kugeln von der Gröfse einer Erbse sauber abdrehen, und hing sie an feine Zwirnsfäden. Er schlofs sie gewöhnlich in ein buxbaumenes Futteral oder Kästchen ein, damit man sie bei sich tragen konnte. Es darf auch nur ein Faden seyn, der in Fig. 134. der Mitte umgebogen wird. Dieses Elektrometer gehört schon zu den sehr empfindlichen, und kann leicht dazu dienen, positive und negative E. zu unterscheiden, indem man die Kügelchen vorher durch Mittheilung eines schwachen Grades einer bekannten E. z. B. von einer geriebenen Glas- oder Siegellackstange divergiren macht.

Henlys 1772 erfundenes Quadranten-Elektrometer beFig. 135. schreibt Priestley[4]. Dasselbe steht auf einem kleinen Gestelle, von dem es nach Gefallen abgenommen und auf den ersten Leiter u. s. w. befestigt werden kann. Es besteht aus einer senkrecht stehenden Säule, die oben kugelförmig abgerundet ist, und unten ein Messingblech hat. Oben am Stiele ist ein getheilter elfenbeinerner Halbkreis befestiget, in dessen Mitte der Zeiger an einer feinen Achse von Messing steckt; der Zeiger selbst ist ein sehr dünnes Stäbchen, welches vom Mittelpuncte des Halbkreises bis an das Messingblech reicht, und trägt unten ein fein abgedrehtes Korkkügelchen. Das beste Holz zur Säule und zum Zeiger ist Buxbaum. Beim Elektrisiren steigt der Zeiger, und giebt auf dem Halbkreise Grade an, woraus sich auf die Stärke der E. schliefsen läfst. Diese Einrichtung hat das Unvollkommene, dafs wegen der Seitenrepulsion von der Scheibe aus die Bewegung sehr unregelmäfsig ist, auch dafs

---

1 Gilbert's Vorschlag, Ann. LX. 25, eine gewöhnliche feine Wage zu elektrometrischen Versuchen zu benutzen, wird von Egen mit Recht wegen zu geringer Empfindlichkeit derselben verworfen. S. G. LXXXI. 295.

2 Vers. und Abhandl. der naturf. Gesellsch. in Danzig. Th. I. 1747. No. 6.

3 Phil. Trans. Vol. XLVIII. P. 1. No. 53.

4 Phil. Trans. Vol. LXII. No. 26.

der Zeiger an seinem Aufhängungsorte Reibung erleidet, und sich bisweilen so klemmt, dafs er gar nicht in die Höhe steigt.

Langenbucher[1] stellte zwei 6 Zoll lange Glassäulen 3 Zoll weit von einander; auf der einen steht ein 5 Zoll hohes und 1 Zoll breites messingenes Plättchen, an dessen unteres Ende ein krummgebogener Draht mit einer Kugel eingeschraubt ist. Am obern Ende hängt ein buxbaumener Zeiger, aber ohne Korkkügelchen am untern Ende, herab. Auf der andern Glassäule steht ein getheilter Halbkreis von Elfenbein oder gedürrtem Holze, dessen Mittelpunct in den Aufhängungspunct des Zeigers fällt. Alles bis auf die Messingplatte, den Zeiger und den Halbkreis ist mit Siegellack überzogen. Beim Gebrauche verbindet man die messingene Kugel mit dem elektrisirten Körper. Diese Art der Einrichtung vermeidet den Nachtheil der Seitenrepulsion, und ist auch bequemer, um sie mit jedem Conductor in Verbindung zu bringen.

Achard war der Erste, der diesem Instrumente, welches nach den bisherigen Einrichtungen als ein blofses Elektroskop zu betrachten war, das nur verschiedene Stärken der E. im Allgemeinen angab, ohne sie übrigens nach ihrem wahren quantitativen Werthe zu messen, und mit welchem keine vergleichbaren Beobachtungen angestellt werden konnten, die Vollkommenheit eines wirklichen Meters zu geben bemüht war[2], indem er das jedesmalige Verhältnifs der E. zur Schwere des Erdkörpers zu bestimmen suchte. An einem messingenen Lineale[3] AB sind bei C, c an kleinen Haken zwei Kugeln von verschiedenem Gewichte F, f an messingenen Fäden von gleicher Länge aufgehangen. Die Fäden müssen so steif seyn, dafs sie sich nicht krümmen. Das Lineal hat bei L, l Vertiefungen, damit der Faden dicht an seiner Seite anliegen kann, wenn die Kugel das Lineal berührt. Die Kugeln würden aus Meerschaum zu verfertigen seyn, welche Materie die Feuchtigkeit aus der Luft wenig annimmt. Kennt man das Gewicht der Kugel mit Fig. 136.

1 Beschreibung einer beträchtlich verbesserten Elektrisirmaschine. 1780. 8. S. 44.

2 Beschäftigungen der Berl. Ges. naturf. Freunde. Thl. I. Berlin 1775. gr. 8. S. 53 flgd.

3 Vergl. Lichtenbergs Magazin für das Neueste u. s. w. Bd. II. St. 1. S. 146.

seinem Pendel und die Gröfse des Abstofsungswinkels, so kennt man eben damit die Gröfse der abstofsenden Kraft in Gewicht ausgedrückt[1]. Der Winkel, auf dessen genaue Bestimmung hierbei alles ankommt, mufs in einer Entfernung von wenigstens 4 Fufs gemessen werden können, weil bei einer gröfseren Nähe eines fremden Körpers das Pendel gestört werden würde. Hierzu gab nun der Erfinder einen zwar sehr gut ausgedachten aber auch sehr zusammengesetzten Chorden-Messer an, den sonst Elkner in Berlin nebst dem Elektrometer selbst für 72 Thaler verfertigt hat, welches Instrument schon wegen dieses hohen Preises sich nicht leicht Eingang in den el. Apparat verschaffen konnte, abgesehen davon, dafs dasselbe mit el. Conductoren nicht bequem zu verbinden, auch für die Bestimmung schwächerer Grade von E. gar nicht anwendbar ist.

Cavallo verschaffte dem Canton'schen Elektrometer durch Einschliefsen in eine bequem dazu eingerichtete Flasche und andere kleine Verbesserungen eine vielseitigere Brauchbarkeit, besonders auch für die Beobachtung der Luftelektricität. Diese Verbesserungen brachte er im Jahre 1777 zu Stande. Adams verfertigte nach seinem Modelle mehrere derselben, und theilte auch zuerst eine Beschreibung und Abbildung davon mit[2], die nachher auch Cavallo[3] nachgeliefert hat. Der Hauptheil dieFig. 137. ses Flaschen-Elektrometers ist eine Glasröhre CDMN, welche unten auf das hölzerne (oder auch messingene) Stück AB gekittet ist, wobei man das Instrument hält, wenn man es zur Untersuchung der atmosphärischen E. gebraucht. Der obere Theil des Rohres CDMN läuft am Ende etwas enger zu, und ist ganz mit geschmolzenem Siegellack überzogen. In dieses enger zulaufende Ende ist eine dünne Glasröhre gekittet, deren unteres, gleichfalls mit Siegellack bedecktes Ende in der Röhre CDMN ein wenig hervorragt. In diese dünne Röhre ist ein Draht gekittet, welcher mit seinem untern Ende bis an das platte Stück Elfenbein H reicht, das mittelst eines Korkes in die Röhre befestigt ist. Das obere Ende des Drahtes ragt etwa $\frac{1}{4}$ Zoll über der Röhre heraus, und schraubt sich in die messingene Kapsel

---

1 Vergl. Elektrometrie.

2 Vers. über die E. S. 164.

3 In der 4ten Auflage seiner vollständigen Abhandlung von der E. IIter Bd. S. 19. Leipzig 1797.

EF, welche unten offen ist, und dazu dient, die mit Siegellack überzogenen Theile des Instruments gegen den Regen u. dergl. zu sichern. Die conischen Körke P, welche durch ihr Zurückstofsen die E. anzeigen, sind bei diesem Elektrometer so klein, als man sie nur verfertigen kann, und an sehr feinen Silberdrähten aufgehangen. Diese Drähte sind oben im Ringe gebogen, und hängen damit sehr lose in dem flachen Stücke Elfenbein H, das zu diesem Behuf zwei Löcher hat. Durch diese Art der Aufhängung wird die Reibung ganz unbedeutend, und daher das Instrument gegen einen sehr geringen Grad der E. empfindlich. TM und KN sind zwei schmale Stanniolstreifen, welche an der innern Seite der Röhre CDMN befestigt sind, und mit dem hölzernen Boden AB in Verbindung stehen. Sie dienen zur Ableitung der E., welche dem Glase durch Berührung der Körke mitgetheilt wird, und bei einiger Anhäufung der freien Bewegung der Körke hinderlich seyn würde.

Will man vermittelst dieses Instrumentes schwache Grade von E., wie sie z. B. beim Reiben von Körpern, die in ihrer Beschaffenheit nur wenig von einander abweichen z. B. verschiedener Glasarten, und zugleich die Beschaffenheit derselben an jedem der beiden geriebenen Körper erkennen, so müssen die Korkkügelchen selbst schon zuvor eine schwache E. erhalten haben, durch welche sie divergiren. Dieses läfst sich indefs nicht durch Mittheilung bewirken, da die Kappe bei ihrer vollkommenen Abrundung und glatten Oberfläche die E. von einer geriebenen Siegellackstange oder Glasröhre selbst bei unmittelbarer Berührung nur mit Mühe, schwächere Grade aber gar nicht annimmt, allein sehr wohl läfst sich diese Elektrisirung der Korkkügelchen durch Vertheilung zu Stande bringen. Zu diesem Behuf nähert man eine durch Reiben elektrisirte Siegellackstange oder Glasröhre der Kappe, bis die Kügelchen hinlänglich divergiren, doch ohne an die Glaswände anzustofsen, was durch die vermittelst der Atmosphärenwirkung zurückgetriebene, mit derjenigen des angenäherten Körpers gleichartige E. geschieht. Berührt man die Kappe mit dem Finger, während man den genäherten elektrisirten Körper unverändert in seiner Lage erhält, so fallen die Korkkügelchen zusammen, indem die freie E. der Korkkügelchen abgeleitet wird, oder sich mit ihrem Gegensatze aus dem Erdboden ausgleicht. Hebt man dann die Berührung mit dem Finger auf, und entfernt den elek-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

trisirten Körper, so gehen die Korkkügelchen abermals mit der von letzterem vorher gebundenen und nunmehr frei werdenden, der seinigen entgegengesetzten E. aus einander, und zwar eben so stark, als sie vorher durch die mit der seinigen gleichartige E. divergirten, und diese E. wird sich lange Zeit, bei recht trockener Witterung Stunden lang fast ungeschwächt erhalten. Bringt man irgend einen Körper, dessen freie E. man untersuchen will, gegen die Kappe E E., so werden die Körke des Elektrometers durch ihr Zusammen- oder weiteres Auseinandergehen die Art seiner E. anzeigen, indem Ersteres durch eine derjenigen der Korkkügelchen entgegengesetzte, Letzteres durch eine mit der ihrigen gleichartige E. bewirkt wird. Es bedarf kaum erinnert zu werden, dafs dieses Instrument in der beschriebenen Einrichtung ein blofses Elektroskop und kein Elektrometer ist.

Mit diesem Flaschenelektrometer Cavallo's kommt im Wesentlichen das so bekannte *Goldblattelektrometer* Bennet's überein, nur dafs statt der Korkkügelchen Goldblättchen zum elektroskopischen Körper gebraucht sind, wodurch dieses Elektrometer ungemein an Empfindlichkeit gewonnen hat, und ein wahres Mikroelektrometer darstellt. Abraham Bennet hat im Jahre 1787 eine Beschreibung und Abbildung davon[1] gegeben, und Boeckmann hat seinen Gebrauch zuerst in Deutschland[2] bekannt gemacht, wo sich eine Beschreibung und Abbildung des von ihm in einigen Puncten abgeänderten Instrumentes findet. Fig. 138. Das wesentlich Neue an demselben sind die Streifen von geschlagenem Golde, etwa 2 Linien breit und 18—20 Linien lang. Diese hängen an den Seitenflächen der keilförmigen Zuschärfung eines Stückes Holz, oder noch besser Zinns, woran sie mit ein wenig Eierweifs oder Firnifs angeklebt werden, dicht neben einander und parallel unter sich in der Mitte eines Glascylinders herab, welcher etwa 1,5 Z. im Durchmesser hat und ungefähr 3,5 Z. hoch ist. Damit diese Glasröhre noch besser isolire, wird der obere Theil derselben etwa auf eine Strecke von einem Zoll mit Siegellack oder gutem Bernsteinfirnifs überzogen, der untere Theil der Röhre geht etwas gedrängt in eine

1 Phil. Trans. LXXVII. daraus übers. in den Leipziger Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte. IV. Bd. 4tes St. S. 419.

2 Grens Journal der Physik. I. Band. S. 380 flgd.

messingene Einfassung, welche an den Seiten mit Leder oder mit Sammet ausgefüttert, und unten an dem hölzernen Fufse des Instruments angeschraubt ist; der obere Theil derselben schliefst sich eben so in einen mit starkem Seidenzeug gefütterten Ring, der in den metallenen Deckel qq von 4″ im Durchmesser eingelöthet ist. Dieser Deckel qq ist auch mit einem $\frac{3}{4}$ Zoll breiten niedergehenden Rande m m versehen, um dadurch bei Versuchen im Regen und Schnee die Glasröhre gegen die herabfallende Feuchtigkeit zu schützen. In der Mitte des Deckels ist eine Oeffnung von 10 Linien im Durchmesser, worin das Stück d eingeschraubt wird, an welches die kleine messingene Röhre a gelöthet ist, um das Holz oder Metallstück b aufzunehmen, welches zum Anhängen der beiden Goldstreifen keilförmig zugeschnitten ist. Auch wird an dasselbe von aufsen ein 1 bis 1,5 Fufs langer zugespitzter messingener oder eiserner Draht bei Untersuchung der atmosphärischen E. geschraubt. Das ganze Stück d kann bequem herausgenommen werden, um die Goldstreifchen daran zu kleben. Endlich sind noch innerhalb der Glasröhre an zwei einander gegenüberstehenden Seiten 3—4 Linien breite Streifen Stanniol angeleimt, um die E. von den bis zur Berührung damit divergirenden Goldblättchen anzunehmen, und durch den Boden fortzuleiten, zu welchem Zwecke der untere Boden des hölzernen Fufses noch mit Stanniol überzogen ist.

Da dieses Instrument zur Ausmittelung der kleinsten Grade von E. vorzüglich unter Mitwirkung des Condensators von vorzüglich gutem Dienste ist, und nur das Behrens-Bohnenbergersche ihm etwa den Rang streitig machen könnte, so will ich hier noch einige Verbesserungen in der beschriebenen Einrichtung, und einige Rathschläge für seinen Gebrauch und seine Erhaltung geben. Für alle Versuche, mit Ausnahme derjenigen über die Luftelektricität, ist es viel besser, wenn die obere messingene Fassung eine so kleine Oberfläche wie möglich hat. Ich bediene mich daher am liebsten enghalsiger, in der gröfsten Weite des Bauchs 4 Zoll haltiger kleiner Glasglocken, wodurch dann die obere messingene Fassung nur eine sehr kleine Oberfläche erhält, und zugleich der Raum für die Divergenz der Goldblättchen gröfser wird, und das Instrument in der Mikro-Elektrometrie eine gröfsere Zahl von Graden umfafst. Diese messingene Fassung dient zugleich als Schrauben-Mutter, um

das Messingstück, an welchem der keilförmig zugeschnittene Metallstab von Zinn zur Anklebung der Goldblättchen angelöthet ist, einzuschrauben, welches Messingstück oberwärts einen schraubenförmig eingeschnittenen Stiel hat, um entweder eine Kugel oder die Platte eines Condensators aufschrauben zu können. Um die Isolirung der Goldblättchen noch vollkommener zu machen, kann man auch die obere messingene Fassung ganz weglassen, indem der Metallstift für die Goldblättchen unmittelbar in eine aufsen und innen mit Siegellack überzogene Glasröhre eingekittet wird, welche ihrerseits in einen gleichfalls mit Siegellack überzogenen durchbohrten Kork befestigt ist, der in die obere Mündung des Halses der kleinen Glocke vollkommen genau pafst. Die Anklebung der Goldblättchen an die Flächen des keilförmigen Endes des Metallstiftes mit etwas arabischem Gummi oder Firnifs hat nicht die geringste Schwierigkeit, und kann von jedem Buchbinder, der auch die Blättchen zurecht schneidet, leicht beschafft werden, und es bedarf dazu nicht des umständlichen Verfahrens, welches Cavallo[1] vorschreibt. Da es sehr wichtig ist, dafs die Fläche der Goldblättchen parallel mit der Fläche der Stanniolblättchen an den Wänden des Glases sey, so kann dieses bei der zweiten Einrichtung leicht durch eine angemessene Drehung des Korkes erreicht werden, bei der ersten Einrichtung mit der messingenen Fassung mufs man sich dadurch zu helfen suchen, dafs man zwischen das Messingstück, das eingeschraubt werden soll und die messingene Fassung ein zusammendrückbares Plättchen Bley oder Stanniol legt, und so lange die Schraube anzieht, bis der vollkommene Parallelismus erreicht ist. Es versteht sich, dafs man nach der Länge der Schraube bald ein dickeres, bald ein dünneres Plättchen bedarf. Der Keil am Metallstifte wird so zugeschnitten, dafs die Goldblättchen, wenn sie an die Seitenwandungen desselben bis an die untere Schärfe angeklebt sind, und parallell neben einander herabhängen, ein klein wenig von einander abstehen, wodurch das beschwerliche Anhaften derselben an einander vermieden wird, das oft nur durch starke Grade von E. wieder aufgehoben werden kann, wobei die Blättchen leicht zerreifsen.

Ich knüpfe hier noch zwei Verbesserungen an, durch welche Parrot bemüht gewesen ist, einerseits die Empfindlichkeit

1 Vollst. Abhdl. II. Thl. S. 177.

dieses Elektrometers noch zu erhöhen, andererseits seinen Gang regelmäfsiger zu machen [1]. Parrot bedient sich nur eines Goldblättchens, die Stelle des anderen vertritt ein unbeweglicher Metallstab e f, von derselben Breite, wie das Goldblättchen, und vergoldet, der neben demselben herabgeht, sich nach oben bis d verlängert, und daselbst umgebogen ist, um die eine Condensatorplatte a a anschrauben zu können und in eine Glasröhre d e eingekittet, die durch eine Hülse von Metall r s an die Glasplatte A B angekittet wird, durch welche sie $\frac{2}{3}$ ihre Länge hindurchgeht. Eine andere Metallstange ist in einem Charniergelenke durch den Fufs i t auf der Metallplatte E F aufgeschraubt, die das Ganze trägt, und selbst auf drei Schraubenfüfsen l l ruhet, durch welche der Metallstab e f in eine genau verticale Lage gestellt werden kann. Das Charnier ist so eingerichtet, dafs man die andere Scheibe des Condensators b b bis in die Lage x y bringen, und wieder in die verticale Lage parallel mit a a und nicht weiter bringen kann. Eine kleine Handhabe g, die an die Stange c h befestigt ist, dient diese Bewegungen vorzunehmen. Das gläserne Gehäuse des Elektrometers ist übrigens von länglicher viereckiger Gestalt, wie die Zeichnungen angeben. Da die bei dem gewöhnlichen Goldblattelektrometer an den Seiten des Glases angebrachten Stanniolstreifen auf die Goldblättchen wirken, und durch Anziehung ihre Divergenz vermehren, und zwar um so stärker, je gröfser ihre Divergenz ist, so substituirte Parrot denselben einen aus einem Messingdrahte verfertigten Bogen K m, der mit seinen Füfsen n n mit der Metallplatte K I, welche den Boden des Glaskastens ausmacht, verbunden ist. Der Mittelpunkt dieses Bogens ist in o, derjenige Punkt, wo das Goldblättchen an den Stab angeleimt ist, das also den Radius desselben bildet, und der Bogen äufsert also eine ganz gleichförmige Wirkung auf das Goldblättchen, in welcher Lage sich auch dasselbe befinden möge. Um die Empfindlichkeit dieses Elektrometers noch mehr zu erhöhen, hat Parrot demselben noch eine andere Einrichtung gegeben. Der Bogen wird nämlich weggelassen, und an der Stelle desselben befindet sich ein vertical parallel mit dem Goldblättchen aufgerichteter Metallstab q r, der an einem in halbe Linien getheilten horizontalen Metallstabe r s befestigt ist. In-

Fig. 139.

Fig. 140.

Fig. 141.

1 Entretiens sur la Physique. Tome V. Dorpat. 1822. p. 86.

dem der Letztere sich über einen andern in der Metallplatte Kl befestigten Stabe fortschieben läfst, kann der verticale Metallstab bis zur Stange ef, an welcher das Goldblättchen hängt, einerseits beliebig genähert, andererseits so weit davon entfernt werden, dafs er keinen merklichen Einfluſs mehr auf dasselbe ausübt, selbst wenn das Goldblättchen bis 90° divergirt. Es ist klar, dafs wenn das Goldblättchen um einige Grade divergirt, diese Divergenz mit der Annäherung des Stabes zunehmen werde, bis bei gehöriger Annäherung es zum Anschlagen kommt. Wie sehr die Empfindlichkeit des Elektrometers dadurch erhöhet wurde, ergab sich unter anderm aus folgendem Versuche. Näherte man den Stab bis auf eine Entfernung von einer halben Linie von dem Goldblättchen, wenn dasselbe keine gröfsere Divergenz als von 0,12 eines Grades hatte, so nahm die Divergenz bis auf 2°,25 in demselben Augenblicke zu, wenn die Berührung eingetreten war. Die Divergenz war also in dem Verhältnisse von 18,75: 1 erhöht worden, und in diesem Verhältnisse war demnach auch die Empfindlichkeit des Elektrometers gesteigert. Es ergab sich aus eben diesen Beobachtungen gleichfalls, dafs je schwächer die E. ist, desto gröfser die Vervielfältigung der Grade ist, wenn das Goldblättchen anschlägt. Für 4° war z. B. die Vergröfserung des Elongations-Winkels 3,25 fach für 12 Grade 2,5 fach und für 22°,3 zweifach. Wenn die E. aus einem Elektricitätsquell auch so schwach ist, dafs selbst bei Anwendung des doppelten Condensators[1] das Goldblättchen sich nur um eine zweifelhafte Gröfse vom Stabe entfernt hatte, so näherte sich dasselbe bei Annäherung des beweglichen Ableiters, um eine mefsbare Gröfse dem Stabe allmälig bis zum Anschlagen an denselben[2].

Nicholson[3] hatte eine der Parrot'schen ähnliche Einrichtung schon früher angegeben, indem er den beiden Goldblättchen ein Paar flache Messingstäbe gegenüber stellte, die sich um eine gemeinschaftliche Achse gleich den Schenkeln eines Cirkels drehen, und sich dadurch einander nähern oder von einander

---

1 S. *Condensator*.

2 Vergl. auch Ueber die Sprache des Elektricitätsmessers, von Parrot in Gilb. Ann. 1819. I. Bd. S. 263.

3 Journ. of. nat. Ph. 1797.

entfernen lassen. Parrot's Einrichtung verdient aber wegen ihrer gröfseren Einfachheit den Vorzug.

Schweigger hat vorgeschlagen[1], bei dem Goldblattelektrometer statt der Deckplatte von Messing eine kleine belegte Franklin'sche Tafel anzubringen, um mittelst einer geriebenen Glasröhre oder Siegellackstange durch Vertheilung die Goldblättchen erst zur Divergenz zu bringen. Indefs kann dieses durch das oben beschriebene Verfahren einfacher bewerkstelliget werden.

Im Jahre 1786 erschien das wichtige Werk von de Lüc: Nouvelles Idées sur la Météorologie, in welchem dieser Physiker vorzüglich zum Behuf seiner Untersuchungen über die E. sich auch mit der Verbesserung der als eigentlicher Mafse für die verschiedenen Grade der E. im Ganzen doch noch sehr unvollkommenen Elektrometer beschäftigte, ein sogenanntes *Fundamentalelektrometer* angab, und Vorschriften mittheilte, wie sich vermittelst desselben auch für andere Fälle allgemein vergleichbare Elektrometer verfertigen lassen. Die Bemerkungen und Vorschläge de Lüc's haben auch für den gegenwärtigen Standpunct der Wissenschaft noch Interesse genug, um hier ihrem wesentlichen Inhalte nach eine Stelle zu verdienen.

De Lüc bemerkt vorläufig nach Volta, man könne genaue elektrometrische Beobachtungen nie in der Nähe der Elektrisirmaschine anstellen, weil durch diese die umgebende Luft mit elektrisirt werde, welches in den beweglichen Theilen des Werkzeugs fremde Bewegungen hervorbringe. Man müsse sich vielmehr von dieser ersten Quelle des el. Fluidums entfernen, und sich lieber durch eine leidner Flasche damit versehen, welche für alle Versuche dieser Art mehr als hinreichend sey. Er hat dazu eine cylindrische Flasche gewählt, deren Höhe 5,25 engl. Zoll, der Durchmesser $2\frac{7}{8}$ Zoll hielt. Die Belegungen reichten von innen nach aufsen bis $1\frac{3}{4}$ Zoll von oben, und der unbelegte Raum war mit Siegellack überzogen. Die Oeffnung war mit einer hölzernen Scheibe verschlossen, durch welche der Stiel des Knopfes ging. Der Knopf selbst hatte $\frac{7}{8}$ Zoll im Durchmesser. Nach dieser Flasche hat nun de Lüc die Krümmungen der Theile des Apparates, mithin auch die Gröfse der Kugeln eingerichtet, weil alles so beschaffen seyn mufste, dafs

1 J. A. B. XXV. S. 168.

bei der Berührung mit dem Knopfe der Flasche in ihrer stärksten Ladung kein Theil einen Strahlenbüschel aussendete. Statt der sonst gewöhnlichen Hollundermarkkügelchen gebraucht DE LÜC hohle Kugeln von Silber an Strohhalmen aufgehängt, die er bei seinen Versuchen am vortheilhaftesten fand. Er macht nur die eine von beiden Kugeln beweglich, weil die Beobachtungen geschwind angestellt werden müssen, und sich die Stellung zweier Körper gegen die Scale nicht so leicht bemerken läfst, auch weil die Beweglichkeit einer einzigen Kugel durch ein oben angebrachtes Gegengewicht beträchtlich vermehrt werden kann. Der Fufs des Fundamentalelektrometers a a ist von Holz, und unten mit einer Bleiplatte b b belegt, damit das Instrument feststehe. Auf dem Fufse ist ein Stück Holz c eingeschraubt, welches die isolirende Säule d d trägt, die aus einer in- und auswendig mit Siegellack überzogenen Glasröhre besteht. Oben daran ist eine Verbindung aus verschiedenen Stükken Buchenholz, deren vorzüglichstes e f mit seinem Zapfen f in die Röhre geht, und sich darin mit sanftem Anreiben umdreht. Quer durch dieses Stück geht horizontal die Glasröhre g g, von innen und aufsen mit Siegellack überzogen. Sie schliefst ein Stäbchen von Messing ein, welches dem Elektrometer zum Leiter dient. Das eine Ende des Stäbchens geht mit einer Schraube in den messingenen Cylinder h, das andere in die messingene Kugel i. Die unbewegliche Kugel k l m ist an dem Puncte k an das hölzerne Stück k l aufgehängt, dessen Theil l in einen Halm ausgeht, an dem die Kugel angeleimt ist. Das hölzerne Stück h ist flach und geht mit etwas Gewalt in eine Oeffnung des messingenen Cylinders h, wo es durch einen Stift gehalten wird. Die Oeffnung des Cylinders erlaubt dem Stücke k eine kleine Bewegung an seinem Stifte, welche dazu dient, diese Kugel in Berührung mit der andern zu bringen, wenn die letztere gehörig hängt. Diese letztere ist am Puncte p in eine Gabel p o aufgehangen, deren Zapfen o mit etwas starkem Reiben in den Cylinder h geht. Die Scale r s ist aus Buchenholz, etwa 0,75 Linien dick, das Papier darauf mit Kleister aus Stärkemehl aufgeklebt und unter einer Presse getrocknet; der Rand ist abgerundet, wie alle Stücke am el. Apparate. Der Halbmesser dieser Scale ist 4 Pariser Zoll; man hat nicht nöthig, mehr als 40 Grade darauf zu tragen, weil für stärkere E., wo die Divergenz gröfser wird, das Fundamentalelektrometer nicht gebraucht werden soll. Diese sehr

Fig. 142.

leichte Scale wird von einem kleinen gläsernen Stäbchen tr vermittelst einer bloſsen Röhre von aufgerolltem und geleimtem Papier, das mit Leim hinter die Scale in r befestiget ist, getragen[1]. Das andere Ende des Stäbchens geht in einem hölzernen Wirbel t. Das Stück uu ist ein Ring, der sich mit etwas starker Reibung umdreht, in diesen Ring geht mit gleicher Reibung der Wirbel t.

Diese Verrichtung läſst vielerlei Bewegungen zu, mittelst deren man der Scale ihre gehörige Stellung geben kann. 1. Man bringt sie in eine verticale Ebene, indem man die kleine papierene Röhre auf dem Glasstäbchen beim Puncte r dreht. 2. Man bringt sie in eine bestimmte Entfernung von der Kugel, indem man den Ring uu dreht. 3. Man macht den Halbmesser, welcher dem Anfange der Scale correspondirt, vertical durch Bewegung des Wirbels t. 4. Man läſst diesem Halbmesser mit der beweglichen Kugel correspondiren, indem man das Glasstäbchen, welches in dem Wirbel t oder der papierenen Röhre r fort glitschen kann, verlängert oder verkürzt. In diesem Stande muſs der Mittelpunct, um den die Scale beschrieben ist, mit dem Aufhängepuncte der Kugel in einerlei waagerechter Ebene liegen. Das Stäbchen der beweglichen Kugel n ist aus einem Strohhalme gemacht, der sehr gerade, und mit einer kleinen scharfen Feile an dem obern Theile eines Gliedes abgeschnitten seyn muſs. Man läſst den Knoten nebst einem kleinen Theile des folgenden Gliedes daran, und paſst den Letzteren gleichsam einschraubend in die dünne Hülse der Kugel n ein. In dem Aufhängepuncte p hängt der Strohhalm vermittelst eines rechtwinklich durchgesteckten stählernen Zapfens in einem Ringe, aus welchem man das ganze Pendel sehr leicht herausnehmen kann. Das Gegengewicht q besteht aus einer Kugel von Siegellack, welche durch ein Stäbchen von überzogenem Glase mit der messingenen Röhre oder Hülse verbunden ist, die das ganze Pendel bei p umgiebt. Die hohle silberne Kugel n muſs genau 7 Par. Linien im Durchmesser haben. Ihre Entfernung vom Aufhängepuncte, vom Anfange der Kugel an gerechnet, muſs 4 Zoll 8 Linien seyn, und die Länge des Glasstäbchens, welches die Kugel trägt, muſs 2 Zoll 9 Linien be-

1 Diese Röhre ist in der Figur durch eine punctirte Linie vorgestellt.

tragen. Die silberne Kugel mufs durch allmäliges feines Abdrehen so justirt werden, dafs sie mit dem daran befindlichen Halme, jedoch ohne Gegengewicht, am Aufhängepuncte p horizontal auf eine Gabel gelegt, auf der Schale einer empfindlichen Wage genau mit 30 Gran nach englischem Troy-Gewichte, oder $24\frac{5}{8}$ Gran französischem Markgewichte in Gleichgewichte steht. Das Gegengewicht q mit dem Glasstäbchen mufs hernach dem Pendel so angepafst werden, dafs in der oben erwähnten horizontalen Lage des Ganzen, von dem Gewichte der silbernen Kugel nur noch 7,5 Gr. englisch ($6\frac{5}{32}$ franz.) übrig bleiben[1].

Dieses *Fundamentalelektrometer* wird allemal gebraucht, wenn man unmittelbar durch eine Leidner Flasche von mäfsiger Gröfse elektrisirt, weil bei geringeren Dimensionen des Elektrometers Strahlenbüschel entstehen würden. Hat man aber blofs die Wirkung eines elektrisirten Körpers auf andere Körper zu untersuchen, so kann man kleinere Werkzeuge gebrauchen. De Lüc nimmt zu dieser Absicht eine zweite Classe jener ersteren völlig ähnlich, aber auf die Hälfte der Dimensionen reducirt, nur die Höhe des Fufses, und die Länge des kleinen Leiters g g ausgenommen, welche stets dieselben bleiben. Sie werden durch Vergleichung mit dem Fundamentalelektrometer eingerichtet, indem man den Knopf i des Letzteren mit ihrem Knopfe in Verbindung bringt, beide gemeinschaftlich elektrisirt, und die anfangs etwas grofs genommene Lackkugel des Gegengewichts so lange vermindert, bis beide übereinstimmend gehen. Ist es nöthig, die Kugeln des Elektrometers aufser den Wirkungskreis des elektrisirten Körpers zu bringen, so mufs der Leiter g g durch ein eingeschraubtes messingenes Stäbchen verlängert werden.

Bei der Untersuchung der E. in sehr kleinen Körpern gebraucht de Lüc ganz kleine, übrigens dem gröfseren ähnliche, Werkzeuge mit zween Grashalmen, die man an dem Stengel gewisser Gräser sehr dünn findet. Auch hierbei ist der eine Halm beweglich, der andere unbeweglich, und an beiden Enden derselben ist ein Tropfen Siegellack angebracht, um die Zer-

---

1 Die Handgriffe, wodurch man diese Absicht erreicht, werden von de Lüc im 1sten Bande der Nouvelles Idées §. 411 umständlich beschrieben.

streuung der E. zu verhüten. Bei dem ersten Leiter einer starken Elektrisirmaschine kann das Fundamendalelektrometer nicht gebraucht werden, weil es ihn unaufhörlich durch Büschel entladen würde; eben so wenig dient es für schwache Elektricitäten, welche z. B. unter einem Grade sind. Aus diesem Grunde hat DE LÜC auch noch el. *Megameter* und *Mikrometer* angegeben. Die Megameter müssen grofse Kugeln haben, damit an ihnen keine Büschel hervorgebracht werden, und es ist der vorzüglichste Fehler aller bisher an die ersten Leiter der Maschine angebrachter Elektroskope, dafs ihre Kugeln zu klein sind. Kugeln von 2 Zoll Durchmesser sind schon für mittelmäfsige Elektrisirmaschinen nicht zu grofs. Bei gröfseren Maschinen kann man Kugeln von 3—4 Zoll Durchmesser gebrauchen. Der Leichtigkeit halber kann man auch kleine ausgehöhlte Kürbisse gebrauchen, die man sorgfältig vergolden läfst. Statt der Strohhalme nimmt man Schilf. Das Gestell dieser grofsen Kugeln ist von dem des Fundamentalelektrometers nur durch die Gröfse der Theile verschieden, aufser dafs der Fufs von einer der Maschine angemessenen Höhe und Form seyn mufs, und der Leiter nicht ganz im Verhältnifs der Kugeln vergröfsert zu werden braucht. Wenn das Fundamentalelektrometer 40° zeigt, so mufs das Megameter nur 4° zeigen, und dieses Verhältnifs bewirkt man durch das Gegengewicht. Man bringt nämlich beide Elektrometer an den ersten Leiter der Maschine, und läfst dieselbe stufenweise wirken, bis die Kugel des Fundamentalelektrometers auf 40° steht. Zeigt alsdann das Megameter auf seiner Scale 4°, so ist es richtig, wo nicht, so mufs man es durch das Gegengewicht dahin bringen, indem man entweder die Gröfse der Lackkugel oder die Länge des Glasstäbchens verändert. Bei dieser Einrichtung werden die Grade des Megameters zehnfache des Elektrometers seyn. DE LÜC bemerkt hierbei, dafs die starken Grade der E., welche über die Scale seines Fundamentalelektrometers hinausgehen, wegen der starken Zerstreuung in der Luft überhaupt sehr schwankend und beständigen Sprüngen und Fällen unterworfen sind. Auch seyl es, wie er bemerkt, sehr schwer, den stärksten Grad der Elektrisirung, dessen eine Maschine fähig ist, zu bestimmen, denn, wenn man schnell drehe, so schwinge die Kugel des Megameters so stark, dafs man über nichts urtheilen könne; drehe man aber langsam, oder vermindere man die Anzahl der einsaugenden Spitzen am

ersten Leiter, so bleibe man ohne Zweifel unter dem stärksten Grade der Elektrisirung zurück.

Was die *Mikrometer* betrifft, so giebt DE LÜC davon zwei verschiedene Arten an, deren Pendel eben so lang und von gleicher Einrichtung wie die Pendel des Fundamentalelektrometers sind, weil sie diesem substituirt werden müssen. Aber die Kugeln sind von verschiedener Gröfse und Substanz. An dem ersten Mikrometer ist die Kugel von Hollundermark von 4,75 Linien (0,42 engl. Zoll) im Durchmesser, und hat statt eines Strohhalmes einen Grashalm zum Stäbchen. Das Glasstäbchen zum Gegengewichte ist dünner und kürzer, und hat am Ende blofs eine kleine mit dem Finger abgerundete Masse Siegellack. Wenn dieses Mikrometer in Verbindung mit einem Fundamentalelektrometer ist, so mufs seine Kugel sich auf 40° erheben, wenn die andere sich auf 4° erhebt, wodurch die Grade desselben Zehntheile von den Graden des Fundamentalelektrometers werden. Des zweiten Mikrometers Kugel ist gleichfalls von Hollundermark, hat aber nur 2,5 Linien (0,22 engl. Zoll) im Durchmesser; das Werkzeug selbst ist sonst in allem dem ersten ähnlich. Das Pendel desselben wird vermittelst des Gegengewichtes so justirt, dafs es in Verbindung mit dem ersten Mikrometer 40° angiebt, wenn dieses nur 4° angiebt. Auf diese Weise werden seine immer auf derselben Scale angezeigten Grade Hunderttheile von denen des Fundamentalelektrometers. Noch ist zu erinnern, dafs man bei den Pendeln dieser beiden Mikrometer, weil sie so kleine Kugeln haben, die unbewegliche Kugel m so weit an die bewegliche n anrücken mufs, dafs sie dieselbe in ihrer verticalen Lage berühre. Das letztere Mikrometer zeigt, wenn es nicht recht gemacht ist, eben die Empfindlichkeit, wie das oben beschriebene Flaschenelektrometer CAVALLO's.

Da in der Angabe DE LÜC's alles, was sich auf Verfertigung seines Elektrometers bezieht, genau nach Mafs und Gewicht bestimmt ist, so scheint damit der wichtige Zweck erreicht zu seyn, dieser Anweisung gemäfs übereinstimmende Elektrometer verfertigen zu können. Indefs möchten sich doch in der Ausführung selbst beinahe unüberwindliche Schwierigkeiten finden, da auch nur ganz kleine kaum vermeidliche Abweichungen in dem Gewichte der Kugeln, in ihrer Krümmung, in ihrer Beweglichkeit, in ihren Aufhängungspuncten u. s. w. schon von merklichem Einflusse seyn dürften. So verdienstlich

daher auch DE LÜC's Bemühungen erscheinen, so hat das von ihm angegebene Fundamentalelektrometer keinen Eingang in die physikalischen Apparate gefunden, wozu denn allerdings der Umstand mit beigetragen haben mag, dafs genaue Bestimmungen der Stärke der E. im allgemeinen von viel geringerem Interesse sind, als z. B. genaue Bestimmungen der Temperatur, des Drucks der Luft, der Feuchtigkeit u. s. w.

An DE LÜC's Bemühungen schliefsen sich am unmittelbarsten diejenigen von VOLTA an, dem wir nicht blofs ein sehr brauchbares, auch jetzt noch häufig angewandtes Elektrometer verdanken, sondern welcher gleichfalls sein vorzügliches Augenmerk darauf richtete, dieses Instrument zu einem genauen Mafse zu erheben, und in den Stand zu setzen, harmonirende Instrumente dieser Art zu verfertigen[1].

Zur Beobachtung geringer Grade der E. und besonders der Luftelektricität bedient sich VOLTA statt der von CANTON, CAVALLO, DE SAUSSÜRE in Anwendung gebrachten Metalldrähte mit Kork- oder Hollundermarkkügelchen blofser Strohhälmchen ohne Kugeln. Diese werden in leicht beweglichen Ringen von feinem Metalldrahte nahe neben einander (nicht dicht an einander, weil ihre dann eintretende Anhaftung durch die Repulsivkraft der schwachen Grade von E. nicht überwunden werden kann) in vierseitigen gläsernen Flaschen von 20—26 Pariser Linien Breite aufgehängt, deren eine Seitenfläche mit einem Papierstreifen versehen wird, worauf sich die Scale befindet, um die Divergenzen zu messen. Man kann nun, indem man die Strohhälmchen von einer bestimmten Länge und Dicke nimmt, auch den Graden gleiche Länge giebt und in den Flaschen dieselben Dimensionen beobachtet, solche Elektrometer vollkommen übereinstimmend mit einander erhalten, und durch Abänderung der Dicke, vorzüglich aber der Länge der Strohhälmchen diesen Instrumenten verschiedene mit einander vergleichbare Grade der Empfindlichkeit ertheilen. Zu den empfindlichsten nahm VOLTA Strohhälmchen von 2 Par. Zoll Länge,

1 Die nähere Mittheilung hierüber findet sich in seinen an Lichtenberg in Göttingen gerichteten Briefen, in Brugnatelli Biblioteca fisica d'Europa und daraus übersetzt unter dem Titel: Alex. Volta meteorologische Briefe mit Anmerkungen des Herausgebers. Leipzig 1793. 8.

und $\frac{1}{6}$ Linien Dicke, doch äufserte ein kleiner Unterschied in der Dicke keinen merklichen Einfluſs, indem Strohhälmchen, deren Dicke $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{4}$ Linie betrug, auf 20 Grade nur um einen Grad von einander differirten. Für einen Grad der Scale nahm er $\frac{1}{2}$ Par. Linie Länge. Nimmt man die Strohhälmchen recht dünn, so können sie einander mit ihren Achsen um so näher gebracht werden, ohne sich zu berühren. Für ein weniger empfindliches Elektrometer werden die Strohhälmchen von einer Länge von einem Par. Zoll und von einer verhältnifsmäfsig gröfseren Dicke genommen, auch kann man ihr Gewicht dadurch vermehren, und die Empfindlichkeit des Elektrometers vermindern, dafs die kleinen Metalldrähte, die in sie hineingesteckt werden, um sie mit ihren ringförmigen Enden aufzuhängen, von gröfserer Länge genommen werden. So richtete sich Volta ein zweites Elektrometer zu, an welchem 0,5 Par. Linien Divergenz als 1° gerechnet = 5° des empfindlichsten war, und ich selbst besitze eine solche Folge von 3 Strohhalmelektrometern, wobei die Grade von gleicher Länge in den Verhältnissen von 1; 5 und 20 stehen. Man kann auch diese Strohhalmelektrometer mit einem Henly'schen Quadrantenelektrometer vergleichbar machen, das zur Messung stärkerer Grade von E. bestimmt ist. Volta läfst den in ein Kügelchen sich endigenden Zeiger zwischen zwei graduirten Halbkreisen spielen, wodurch die Lateralrepulsion am besten vermieden wird, die bei der gewöhnlichen Einrichtung statt findet. Sein Vorschlag, solche Quadrantenelektrometer vergleichbar zu machen, ist sehr einfach durch Feststellung zweier *fester Puncte*, und eben damit eines Fundamentalabstandes, welcher in gleiche Theile getheilt wird. Der eine Punct ergiebt sich von selbst; er ist derjenige, bei welchem der Zeiger sich in seiner natürlichen Lage befindet, die bei 0 E. statt findet. Hier wird auch das 0 der Scale angeschrieben. Der zweite feste Punct bei 45° des Halbkreises wird durch einen Grad von el. Anziehung bestimmt, welcher stets von gleicher Stärke erhalten werden kann. Dazu schlägt Volta vor, eine messingene Platte von 5″ im Durchmesser und am Rande 3—4‴ dick zu nehmen, an einen recht empfindlichen Waagebalken aufzuhängen, so dafs sie gerade zwei Pariser Zolle von der Oberfläche einer unterhalb befindlichen, mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehenden Metallplatte oder auch nur eines recht ebenen Tisches absteht,

und eine Leidner Flasche so weit zu laden, dafs die E., welche sie dieser isolirt aufgehängten Scheibe mittheilt, eine hinlänglich starke Anziehung veranlafst, um dadurch eben das Gewicht von 12 Gran zu überwinden. Diese Spannung der Leidner Flasche giebt dann den zweiten Fundamentalgrad des Quadrantenelektrometers, dessen Zeiger durch Vergröfserung oder Verkleinerung der anhängenden Kugel so zugerichtet werden kann, dafs er dadurch gerade auf 35° gehoben wird. Vermittelst einer Leidner Flasche und eines blofsen Elektrophors, wird sich von einem nicht ganz ungeschickten Experimentator dieser Grad von el. Spannung ganz genau hervorbringen lassen. Alle so eingerichtete Quadrantenelektrometer werden nicht blofs in den Fundamentalgraden, sondern auch in allen übrigen Graden mit einander übereinstimmen. Man kann nun auch ein solches Quadrantenelektrometer mit dem Strohhalmelektrometer comparativ machen, doch bemerkt Volta, dafs das Quadrantenelektrometer nur vom 10ten bis zum 40sten Grade, und wenn von völliger Genauigkeit die Rede ist, nur vom 15ten bis 35sten Grade einen gleichförmigen und mit dem Gange des Strohhalmelektrometers vergleichbaren Gang habe, unterhalb und oberhalb dieser Grade aber Correctionen erfordern, indem es im Anfange viel langsamer steige, und bei den ersten Graden eben so viel E. nöthig sey, um den Zeiger um einen Grad zu heben, als zwischen 15 und 35 um 3 Grade. Indefs meint er, wenn man auf diese durch Versuche auszumittelnde Abweichungen Rücksicht nähme, lasse sich das Henly'sche Quadrantenelektrometer durch seine ganze Scale mit dem Strohhalmelektrometer vergleichbar machen, und wenn man sich auf diese Weise eine Reihe von vier Elektrometern, nämlich zwei Flaschenelektrometer von Strohhälmchen und zwei Quadrantenelektrometer vorrichte, wovon 5 Grade des empfindlichsten = 1° des zweiten, 10 Grade von diesem zweiten = 1° des ersten und 5° von diesem = 1 Grade des zweiten Quadrantenelektrometers seyen, so sey man im Stande, damit 1450 Grade des empfindlichsten Elektrometers zu umfassen, und innerhalb dieser Grenzen die Stärke der E. mit Genauigkeit zu bestimmen.

Als durch die Entdeckung der galvanischen Verhältnisse und insbesondere durch die Erfindung der Volta'schen Säule die Aufspürung und genaue Bestimmung der E. in ihren schwächsten Intensitäten ein neues Interesse für die Physiker erhielt,

wendeten sich auch die Bemühungen derselben wieder auf die Vervollkommnung der Elektrometer, für welche seit VOLTA nichts weiter geschehen war. MARECHAUX machte zu diesem Zweck ein sogenanntes Elektromikrometer bekannt[1], welches von dem schon oben beschriebenen durch PARROT verbesserten Bennet'schen Elektrometer in der Hauptsache wenig abweicht. In einem ungefähr 1,5 Z. weiten und 5 bis 6 Z. hohen Glascylinder hängt ein Silberblättchen an einer kleinen Zange herab, die sich höher oder niedriger bringen läfst, je nachdem die Länge des Silberblättchens es erfordert. Auch läfst sich die Vorkehrung, welche die Zange trägt, horizontal bewegen, und das Silberblättchen sich dadurch in beliebige Entfernung von einer Kugel bringen. Durch den gläsernen Cylinder ist ungefähr 1″ über der Glasscheibe, auf der er befestigt ist, ein kleines rundes Loch gebohrt, durch welches das Ende einer Mikrometerschraube geht, die von der Dicke eines starken Federkiels und sehr sorgfältig geschnitten ist. Sie führt ein sehr feines Gewinde, 50 Gänge auf einen rheinländischen Zoll; die Schraubenmutter, um alles Wanken zu verhüten, ist wenigstens $\frac{3}{4}$″ lang. Das Ende dieser Schraube trägt eine kleine Kugel, die erst darauf geschraubt wird, wenn dieses Ende durch die Oeffnung im Glase durchgesteckt ist. Die Schraube selbst trägt eine Scheibe 3,5 Z. im Durchmesser, die in 360 Theile getheilt ist, folglich jede Umdrehung noch in 360 Theile theilt, wodurch man also im Stande ist, die el. Wirkungskreise in Achtzehntausendteln eines rheinl. Zolles zu bestimmen. An dem Gestelle, woran die Mutter der Mikrometerschraube befestigt ist, befindet sich eine kleine Säule, die über die Endscheibe der Schraube hervorragt, und eine Schneide trägt, die den Grad genau bezeichnet.

Dieses Elektrometer dient vorzüglich dazu, um die el. Spannung sowohl einzelner Plattenpaare als auch Volta'scher Säulen zu messen, indem man, nachdem man erst das Silberblättchen mit der Kugel der Mikrometerschraube in Berührung gebracht hat, und dann die eine Metallplatte, oder den einen Pol einer Säule mit der Zange, woran das Silberblättchen hängt, die andere Platte aber, oder den Pol mit der Mikrometerschraube in Verbindung setzt, untersucht, in welcher Entfernung der

1 G. XVI. 115.

Kugel vom Silberblättchen, indem man die Mikrometerschraube vermittelst einer gläsernen Handhabe langsam rückwärts schraubt, noch Anziehung statt findet. Bei einem einzigen Plattenpaare fand Marechaux auf diese Art noch eine Anziehung bei einer Entfernung der Kugel vom Silberblättchen um 60—80 Grade der Mikrometerschraube, oder von $\frac{1}{300}$ eines rheinländischen Zolles. Marechaux hatte auf die Beobachtungen mit diesem Mikroelektrometer den Satz gegründet, dafs die Volta'sche Säule, namentlich die trockene, in der el. Intensität ihrer Pole unter denselben Umständen wechsle, und gleichsam eine Ebbe und Fluth zeige. Dies veranlafste Erman[1] zu einer genauen Kritik dieses Instrumentes, worin er auf mehrere Quellen des Irrthums und der Unsicherheit hinwies, die die Einrichtung dieses Instrumentes mit sich führt, innerhalb deren Grenzen jene Unterschiede der Intensität, auf welche Marechaux den erwähnten Satz gegründet hatte, allein schon gelegen seyn könnten. Da nämlich alle jene Vergleichungen wesentlich auf der Sicherheit und Unwandelbarkeit des Nullpunctes jenes Elektrometers beruhen, so werden sie durch die unmerkliche Verrükkung desselben täuschend. Dieser Nullpunct ist nämlich derjenige, wo der frei herabhängende, nicht geladene Metallstreifen den Scheitelpunct der Krümmung des Knopfes eben berührt. Er verändert sich oft schon innerhalb einer Stunde um 20—40 Grade jener oben angeführten Eintheilung, was durch mancherlei zufällige Umstände leicht bewirkt werden kann, da jeder solcher Grad um $\frac{1}{18000}$ eines rheinl. Zolles Verrückung anzeigt. Solche Ursachen können seyn eine auch noch so geringe Abweichung der Unterlage, auf welcher das Instrument steht von ihrer Stellung beim Anfange der Reihe von Beobachtungen, die in einem bewohnten Zimmer leicht bis zu jenem Grade statt finden kann, vorzüglich durch hygrometrische und pyrometrische Veränderungen; ferner die pyrometrische Ausdehnung des Glases und Metalles des Instrumentes selbst, die Erschütterung, die man um mehrere Beobachtungen nach der Reihe anstellen zu können, dem Instrumente geben mufs, um die Adhäsion des Silberblättchens an den Knopf aufzuheben. Von besonders nachtheiligem Einflusse als Quelle von Täuschungen kann aber noch ein Luftstrom werden, der durch die freie ring-

1 Gilb. XXV. S. 18.

förmige Oeffnung an der Seite des Glasgehäuses rund um die Welle eindringen kann, und Erman fand, dafs durch zufällig veranlafste Bewegungen der äufsern Luft, selbst durch das Zuschlagen einer Thüre in einem zweiten und dritten Zimmer sehr oft das Anschlagen des Silberblattes bemerkt wurde aus einer Ferne, die das dermalige Mafs der el. Intensität einer Säule, die geprüft wurde, um mehrere hundert Grade übertraf. Endlich mufs auch der nothwendig sehr veränderliche Grad der Isolirung, welcher die äufsere Fläche des gläsernen Gefäfses, worin der Streifen hängt, gewährt, die Anzeigen des Instrumentes bei demselben Grade el. Intensität sehr veränderlich machen, da die Isolirung durch das Glas nie absolut ist, und das Elektrometer bei der Prüfung der el. Spannung der Pole einer Volta'schen Säule stets nur den Ueberschufs des nicht durch die Glasfläche abgeleiteten Effects anzeigt. Endlich ist noch zu bemerken, dafs wenn das negative Metallblättchen in einer solchen Entfernung von dem positiven Knopfe hängt, dafs es bei dem gegebenen Zustande der Säule, deren el. Intensität geprüft werden soll, und des Instrumentes nicht bis zur Berührung angezogen werden kann, eine jede zufällige, von aufserwesentlichen Ursachen hervorgebrachte Oscillation des Blattes dieses Anschlagen bewirken wird, indem durch diese Bewegung das elektroskopische Blatt der Anziehungssphäre des geladenen Knopfes näher gebracht wird, und nunmehr aus dieser geringeren Entfernung zum Anschlagen gelangen kann, ohne dafs sich in der absoluten Intensität der geprüften Säule das Mindeste geändert hätte.

Ich hatte mich schon vor Marechaux einer ähnlichen ganz einfachen Einrichtung bedient, um mit Hülfe des Condensators die Stärke der Spannung zu messen, welche die verschiedenen Erreger des Galvanismus, vorzüglich die Metalle und Erze in ihrer Berührung mit einander geben[1], indem ich in einer Glocke von einem Metallstifte, der mit der messingenen Fassung des Halses, auf welche die Condensatorplatte aufgeschraubt werden konnte, in Verbindung war, ein Goldblättchen herabhängen liefs, welchem eine messingene Stange mit einer vergoldeten Kugel an ihrem Ende, die durch eine seitliche Oeffnung der Glocke hindurch gesteckt ist, gegenüber steht. Diese Stange

1 S. *Galvanismus und Spannungsreihe.*

bewegt sich mit Reibung durch die mit Lederscheiben ausgefütterte Seitenöffnung der Glocke und ist in Viertellinien abgetheilt. Die verschiedenen Entfernungen der Kugel vom Goldblättchen, bei welchen dieses eben anfängt von seiner verticalen Richtung etwas abzuweichen, aber schon einen merklichen Winkel damit macht, endlich an die Kugel anschlägt, geben eben so verschiedene el. Intensitäten an, und es können in dieser Hinsicht auch die kleinsten Verschiedenheiten mit viel gröfserer Sicherheit und Genauigkeit bestimmt werden, als nach der Gröfse des Abstofsungswinkels, sey es nun zweier Goldblättchen oder eines einzelnen Goldblättchens in Beziehung auf einen unbeweglichen Metallstab.

Eine sinnreiche Anwendung der Volta'schen Säule um vermittelst eines Goldblättchens nicht blofs die schwächsten Grade von E. zu entdecken, sondern auch sogleich ohne weitere Proben die Art der untersuchten E. zu bestimmen, brachte zuerst Georg Bernh. Behrens[1] in Vorschlag, welche später nach Erfindung der s. g. trockenen Säule Zamboni's durch v. Bohnenberger wieder aufgefafst und verbessert, dem nach ihm genannten *Bohnenberger'schen Elektrometer* seinen Ursprung gegeben hat[2]. Dasselbe ist in einem 3,5 Pariser Zolle hohen und 2,5 Pariser Zoll weiten cylindrischen, mit einem messingenen Deckel versehenen Glase enthalten. Zwei trockne el. Säulen, jede aus 400 Scheiben zusammengeleimten Gold- nnd Silberpapiers von 3‴ Durchmesser bestehend und in einer gefirnifsten Glasröhre eingeschlossen, sind die eine mit ihrem positiven, die andere mit ihrem negativen Pole an den Deckel angeschraubt, so dafs sie, wenn der Deckel aufgesetzt ist, vertical herunterhängen, und auf dem Deckel ist die Verschiedenheit der beiden anliegenden Pole durch + und — angezeigt. Am untern Ende jeder Säule befindet sich eine etwas vorstehende abgerundete messingene Fassung, welche noch $\frac{1}{4}$ Z. von dem Boden des Glasgefäfses und einige Linien von dem Rande der Glasröhre absteht, und mit der das untere Ende der Säule in leitender Gemeinschaft sich befindet. Die Achsen der beiden Säulen

1 Beschreibung eines neuen Elektrometers in G. XXIII. S. 24.

2 Die erste Beschreibung desselben findet sich in den Tübinger Blättern für Naturwissenschaft und Arzneikunde von Authenrieth und Bohnenberger Bd. I. S. 380, und daraus in Gilb. Ann. Bd. I. S. 190.

sind 1″ 7‴ von einander entfernt, und können einander noch näher gebracht werden. Der elektroskopische Körper ist ein 2,25 Z. langes und 3‴ breites Goldblättchen, welches genau in der Mitte zwischen beiden Säulen und mit ihren Achsen parallel an dem unteren Ende eines Drahtes hängt, der sich in einer innen und aufsen gefirnifsten Glasröhre befindet, welche durch den Mittelpunct des Deckels geht. Dieser Draht ist durch einen Korkstöpsel gesteckt, welcher die Röhre oben verschliefst, und berührt sie besserer Isolirung halber nirgend. Er endigt sich oben mit einer Kugel, auf welche sich eine Condensatorplatte aufschrauben läfst.

Will man dieses Elektrometer gebrauchen, so verbindet man den metallenen Deckel durch einen Draht mit der Erde, und berührt den Knopf des Drahtes mit einem guten Leiter, um sicher zu seyn, dafs er keine freie E. behalten habe. Da die metallenen Fassungen, zwischen denen das Goldblättchen genau in der Mitte hängt, in gleichem Grade die eine positiv, die andere negativ el. sind, so ziehen sie das Goldblättchen mit gleicher Kraft an, bis diesem durch den Draht, an welchem es hängt, E. zugeführt wird. Sogleich nähert es sich der Fassung, welche in dem entgegengesetzten el. Zustande ist, indem es von ihr angezogen, von der andern abgestofsen wird, kommt mit ihr in Berührung, wird dann von ihr abgestofsen, schlägt an die andere Fassung an, und geht so lange zwischen beiden hin und her, bis es sich an eine der beiden Säulen anhängt, von der es durch ableitende Berührung des Drahtes und eine kleine Erschütterung leicht wieder loszumachen ist. Die Art der zu untersuchenden E. zeigt das Zeichen derjenigen Säule auf dem Deckel, deren unterem Ende sich das Goldblättchen zuerst nähert, oder deren unteres Ende bei stärkerer E. zuerst berührt wird. Körper, deren E. stärker ist, nähert man aus einer grofsen Entfernung dem Elektrometer, schwächere elektrische bringt man näher, und nach Umständen mufs man sie sogar in unmittelbare Berührung mit dem Knopfe setzen und auch wohl die Condensation durch Aufschrauben des Condensators zu Hülfe nehmen, um das Goldblättchen in Bewegung zu bringen.

Eine Unbequemlichkeit bei dieser Einrichtung des Elektrometers besteht darin, dafs das Goldblättchen sich leicht an die eine oder andere Fassung und die Glasröhre selbst, welche sich

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

von dem unteren Pole aus allmälig mit E. ladet, anhängt, und meistens nicht ohne Zerreifsung davon getrennt werden kann. Diesem Nachtheile kann man durch eine kleine Abänderung in der Einrichtung abhelfen, die ich auch bei einigen Elektrometern dieser Art schon ausgeführt gefunden habe, dafs man nämlich die kleinen trockenen Säulen auf den messingenen Boden des Glasgehäuses befestigt, und von ihren nach oben stehenden Polen Metalldrähte, die in runde Plättchen sich endigen, gehen läfst, zwischen denen das Goldblättchen mit seinem untern Ende sich befindet. Becquerel[1] hat durch folgende Abänderung dem erwähnten Nachtheile des Anhängens an das Glas zu begegnen und die Empfindlichkeit des Instruments noch zu erhöhen gesucht. Anstatt zweier Zambonischer Säulen bedient er sich blofs einer einzigen, die auf einem hölzernen Untersatze in horizontaler Lage befestigt ist. An jedem ihrer Pole ist in verticaler Richtung eine längliche Metallplatte von 7—8 Centimetern (ohngefähr 3 Zoll) Länge befestigt, und das Goldblättchen zwischen diesen beiden Platten aufgehängt. Da das Goldblättchen ihnen auf diese Weise alle seine Puncte darbietet, so mufs die Einwirkung, die es von denselben erfährt, weit beträchtlicher seyn, als wenn es blofs mit seinem untern Ende der Wirkung der Pole zweier Säulen ausgesetzt ist. Die Empfindlichkeit dieses Apparates ist bei der angegebenen Einrichtung so grofs, dafs eine mit Tuch geriebene Glasröhre bei trockenem Wetter schon darauf wirkt, wenn man sie nur in einer Entfernung von 8 bis 10 Fufs darüber hält, während bei der Bohnenberger'schen Einrichtung diese Wirkung erst in einer Nähe von 3 Fufs merklich wird. Der el. Zustand der Haare zeigt sich schon auf mehrere Fufs Entfernung von Einflufs darauf, und es ist daher unerläfslich, diesem Einflusse vorzubeugen, wenn man sich mit ins Feine gehenden Untersuchungen beschäftigt. Schweigger fügt in einer Anmerkung zu dieser Verbesserung becquerel's einen Vorschlag hinzu, dieses Elektrometer für Reisen zur Untersuchung der Luftelektricität tragbar zu machen, der indessen nicht ganz klar ist. Mir scheint dieser Zweck einigermafsen erreicht werden zu können, wenn man das Goldblättchen mit einer oben und unten offenen messingenen Röhre umgäbe, die auf und abgeschoben werden kann, und die beim Gebrauch

1 Schweigg. J. N. R. XII. S. 73.

heraufgezogen würde, um dem Goldblättchen seine freie Bewegung zu verschaffen.

Eine andere Classe von Elektrometern, als die bisher betrachteten, hat mehr ausschliefslich die Absicht, die Stärke der el. Funken und Erschütterungsschläge zu messen, oder wenigstens Funken und Schläge von einer gewissen vorgeschriebenen Stärke hervorzubringen. Von diesen Elektrometern ist das nach einem ersten sehr wenig zweckmäfsigen Vorschlage Canton's, durch die Anzahl der Funken, welche eine leidner Flasche beim allmäligen Entladen giebt, die Stärke dieser Ladung zu messen, Fig. 143. von Lane[1] angegebene s. g. Ausladeelektrometer auch jetzt noch in häufiger Anwendung. An den Knopf F einer Verstärkungsflasche wird in horizontaler Richtung ein gläserner, wohlüberfirnifster Stab FD angebracht, der in die messingene Röhre D eingekittet ist. Aus D geht ein starker Messingdraht senkrecht hervor, dessen Ende so hoch hinaufreicht, als der Mittelpunct des Knopfes B steht, der noch über dem Knopfe F auf dem weiter hinauf reichenden Stabe der Flasche befestiget ist. Auf diesem Drahte ruht eine messingene Hülse, durch welche man das Stäbchen CE, welches an dem einen Ende den Knopf C, am andern Ende den Ring oder Haken E hat, vor- und rückwärts schieben kann, um den Knopf C in jede beliebige Entfernung von dem Knopfe B zu bringen. Auf dem Stäbchen CE wird eine Eintheilung angebracht, um die Entfernung des Knopfes B und C desto genauer abmessen zu können. Die Flasche sey so an den ersten Leiter gesetzt, dafs sie ihn mit dem Knopfe B berühre, der Knopf C stehe einen halben Zoll von B ab, und von E bis an die äufsere Belegung bei I sey eine leitende Verbindung gemacht. Wird unter diesen Umständen die Elektrisirmaschine in Bewegung gesetzt, so ladet sich die Flasche. Sobald aber die Ladung so stark ist, dafs sie durch die Entfernung BC schlagen kann, so erfolgt ihre Entladung. Fährt man fort, die Maschine zu drehen, so ladet sich die Flasche auf's neue, bis die Entladung wieder bei der vorigen Stärke der Ladung erfolgt. So kann man mehrere Schläge von immer gleicher Stärke erhalten und durch Körper führen, die in die leitende Verbindung gebracht werden. Sollen die Schläge stärker werden, so entfernt man C weiter von B. Es kann dieses Aus-

1 Phil. Transact. Vol. LVII. S. 45.

lade-Elektrometer auch ein abgesondertes Stück für sich ausmachen, dessen Glasröhre F an ihrem anderen Ende in einen messingenen Knopf endigt, der in einen kleinen Stiel ausgeht, den man in eine dazu passende Hülse des Knopfes jeder beliebigen Leidner Flasche stecken kann. Vorzüglich nützlich ist dieses Instrument um die Stärke der el. Erschütterungsfunken bei ihrer arzneilichen Anwendung mit der gröfsten Genauigkeit abzumessen, und mit den kleinsten Graden derselben den Anfang zu machen [1].

Noch gebräuchlicher, vorzüglich zur Bestimmung der Stärke der Ladung von Batterieen ist das s. g. *Adams'sche Ladungselektrometer*, das aber mit mehr Recht das Brook'sche genannt zu werden verdient, da John Brook der eigentliche Erfinder desselben ist [2]. Nach der von Brook angegebenen Einrichtung ist Fig. 144. dasselbe bestimmt, die Stärke der abstofsenden Kraft an einer Leidner Flasche oder Batterie, aber auch an einem elektrisirten Conductor, sowohl in Graden als in Graden, die auf einem Zifferblatte verzeichnet sind, anzugeben. Die Arme g. 1 und g. 2 nebst den Kugeln C und E sind alle hohl, und von dünnem Messingblech verfertigt, damit sie so leicht als möglich ausfallen. Sie sind beide beweglich, während der etwas gekrümmte Arm g. 3 mit der Kugel F und der Arm g. 4 mit der Kugel G unbeweglich sind. Der Arm g. 2 mit seiner Kugel E stellt eigentlich eine Schnellwaage vor, an welcher ein breiter Ring a verschiebbar ist. Innerhalb der hohlen Kugel D ist die Axe dieser Schnellwaage und der kürzere Arm, woran sich ein Bleigewicht befindet, das mit dem langen Arme und der Kugel daran nebst dem Schieber, wenn er eine bestimmte Lage am Arme hat, genau im Gleichgewichte ist, so dafs der Arm g. 2 in horizontaler Lage sich befindet, und die Kugel E ohne Gewicht und Druck auf der Kugel G ruht. Der Stand des Schiebers in dieser Lage wird mit 0 bezeichnet. Dann bringt man, nachdem man

1 Vergl. *Elektricität, medicinische.*

2 Eine erste Beschreibung davon findet sich in dem 72sten Bande der Philos. Transactions, hierauf hat Adams in seinem Essay on electricity (Versuch über die Elektricität S. 221) eine Abbildung davon geliefert, doch findet sich die ausführlichste und durch zwei Kupfertafeln erläuterte Beschreibung desselben in einer eigenen Schrift Brook's. Joh. Brook's vermischte Erfahrungen über E. u. s. w. übers. von Dr. Karl Kühn. Leipz. 1790.

die Kugel G mit ihrem Arme vorher abgeschraubt hat, unter die Kugel E eine Waagschale, schiebt den Schieber a bis ans Ende vor, und untersucht, wie viele Grane in der andern Waagschale nöthig sind, um die Kugel E eben in die Höhe zu heben. Indem man ferner einen Gran nach dem andern herausnimmt, und jedesmal durch einen Versuch bestimmt, wo der Schieber stehen müsse, um gerade wieder das Gleichgewicht hervorzubringen, oder die Kugel E eben zu erheben, und an dem Rande des Schiebers jedesmal einen Strich auf dem Stiele macht, erhält man eine Eintheilung in Granen, welche den Druck oder das Gewicht des Schiebers in seinen verschiedenen Lagen von 0 bis zur Kugel, wo z. B. 60 Grane zur Wiederherstellung des Gleichgewichts nöthig gewesen waren, anzeigt. Theilt man nun dem Instrumente E. mit, so wird die Kugel E mit ihrem Arme g. 2 abgestofsen werden, und die Gröfse der abstofsenden Kraft in Granen angegeben seyn, durch den Stand des Schiebers, bei welchem die Kugel eben noch gehoben wird, so dafs wenn z. B. der Schieber bei 30 steht, die abstofsende Kraft, die zwischen den beiden Kugeln E und G und den Armen g. 2 und g. 4 thätig ist, gerade 30 Grane beträgt. Der andere bewegliche Arm g. 1 und seine Kugel C wird zugleich von dem festen Arme g. 3 und seiner Kugel F abgestofsen, wenn der Arm g. 2 durch Verbindung mit einem elektrisirten Körper in die Höhe sich hebt. Dieser Arm g. 1 ist in den unteren Theil der Axe eines Rades eingeschraubt, das in ein Getriebe eingreift, an welchem sich der Zeiger des Zifferblattes befindet. An dem obern Theile der nämlichen Axe wird ein Bleigewicht befestigt, welches dem Arme g. 1 und seiner Kugel das Gegengewicht hält, und wenn die abstofsende Kraft der E. zu wirken aufhört, den Arm jedesmal in seine vorige Lage zurückbringt. Das Verhältnifs der Zähne des Rades und der Einschnitte des Getriebes ist so getroffen, dafs der Zeiger sich einmal durch die Bewegung des Arms g. 1 völlig um seine Axe herumdreht, wenn sich die Kugel C durch einen Bogen von 90 Graden bewegt. In so viele Grade ist auch das Zifferblatt eingetheilt. Mit dieser Eintheilung, die auf dem äufsern Kreise angebracht ist, und auf welche der längere Arm des Zeigers hinweiset, kann man auch eine Eintheilung correspondirend machen, welche die abstofsende Kraft in Granen mifst. Für jeden Winkel der Divergenz des beweglichen Arms g. 1 und seiner Kugel C ist ein gewisser

Stand des Schiebers nöthig, um die Schnellwaage gerade in horizontaler Richtung zu halten, so dafs die Kugel von G weder absteht, noch auf dieselbe drückt. Die Menge von Granen, welche der Schieber in seiner jedesmaligen Lage unter der angegebenen Bedingung anzeigt, ist das Mafs für die abstofsende Kraft. Die Zahl, welche diese Menge anzeigt, trägt man auf den innern Kreis da auf, wo dann der kürzere Arm des Zeigers, der sich auf gleiche Weise mit dem längeren umdreht, jedesmal steht. Hat man auf diese Weise die Eintheilung des Kreises nach Granen regulirt, so kann man die Schnellwaage mit dem Arme g. 4 der an die Vorrichtung angeschraubt ist, auch ganz wegnehmen, und sich blofs des andern Haupttheiles, der im Wesentlichen nichts anders, als ein *Quadranten-Elektrometer* ist, bedienen. So sind auch die nach Adams benannten Elektrometer, wie sie bei Batterie-Versuchen gebraucht werden, eingerichtet, und in diesem Falle mufs die Kugel F an ihrem untern Theile mit einem kurzen messingenen Stiele versehen seyn, um das Elektrometer bequem auf die Kugel einer Flasche aufstecken zu können. Statt dessen kann das Elektrometer auch zum Aufstecken auf den Knopf einer Flasche seitwärts mit einem Ansatze an das Uhrgehäuse bei A versehen seyn, der mit einem in einem Charniere beweglichen Stiele verbunden ist. Bei diesem Aufstecken ist es jedoch nothwendig, dafs das ganze Instrument hinlänglich hoch über der Flasche stehe, damit die abstofsende Kraft auf g. 1 und ihre Kugel C von keiner andern Seite aus wirke, als von g. 3 und ihrer Kugel F. Man sieht leicht ein, dafs solche Elektrometer nur dann vergleichbar und in ihrer Sprache übereinstimmend sind, wenn die Dimensionen und Gewichte aller ihrer Theile vollkommen mit einander übereinstimmen, was allerdings in der Ausführung mit grofsen Schwierigkeiten verbunden seyn dürfte. Indefs sind sie für den einzelnen Experimentator bei Batterieversuchen sehr brauchbar, da sie für eine gegebene Gröfse von belegter Glasfläche die verschiedenen festen Puncte von Spannung anzeigen, bei welchen durch die Entladung derselben bestimmte Wirkungen hervorgebracht werden können. So wie nun das Elektrometer ohne die Schnellwaage gebraucht werden kann, so kann man sich auch blofs dieser letzteren bedienen, vorzüglich um die abstofsende und anziehende Kraft, welche der erste Leiter einer Elektrisirmaschine ausübt, zu messen. Die Hol-

Fig. 145. ländischen Physiker Deimann und Paets van Troostwyk haben[1] eine bequeme Einrichtung dazu angegeben. Die Schnellwaage c g d welche hier ein Ganzes für sich ausmacht, ruht nämlich noch auf dem Theile e h f, der ebenfalls aus zwei hohlen Kugeln und einem hohlen Cylinder von Messing, von eben der Gröfse als bei der Waage besteht (die Kugeln hatten 4 Zoll, der hohle Cylinder eine Länge von 10 Zoll und einen Durchmesser von 0,75 Zoll). Die eine von diesen Kugeln, nämlich e ist oben und unten mit einem Messingdrahte versehen, in welchen Schraubengänge geschnitten sind, in den obersten ist die Kugel C der Waage geschraubt, der untere dient dazu, um das Elektrometer auf dem Conductor oder auf einem hölzernen Gestelle zu befestigen. Uebrigens ist c g d so mit e f h verbunden, dafs beide Cylinder g und h sich in einer Verticalebene befinden, und die Kugel d, wenn sie durch Verschiebung des Ringes schwerer geworden ist, auf der Kugel b aufliegt. Um das Elektrometer auf den Conductor zu setzen, bedienten sie sich eines messingenen Plättchens, das so gebogen ist, dafs es an den Conductor anschliefst; auf dieses ist die Kugel e des Elektrometers geschraubt. In dieser Lage dient dasselbe zur Bestimmung der abstofsenden Kraft. Wenn die Anziehung untersucht werden soll, so wird das Elektrometer auf seinen hölzernen Fufs gesetzt, und man stellt es mit der Kugel d in einer gewissen Entfernung gerade unter eine Kugel von eben der Gröfse, die, damit man die anziehende und die abstofsende Kraft mit Kugeln von gleicher Gröfse untersuchen kann, absichtlich unten an die Kugel am Ende des Leiters gesteckt wird. In beiden Fällen untersucht man erst, wie weit der Ring oder das Gewicht i von c nach d verschoben werden kann, ohne dafs die Kugel d zu schwer wird, um von der Kraft, die der Conductor bei dem Umdrehen der Elektrisirmaschine erhält, noch aufgehoben zu werden; die Zahl, bei welcher der vordere Rand des Ringes steht, zeigt dann in Granen die abstofsende oder anziehende Kraft des Conductors an. Bei der Untersuchung der Stärke ihrer Elektrisirmaschine[2] durch eine Schnellwaage von den oben beschriebenen Dimensionen, erhielten die holländischen Physiker für die abstofsende positive Kraft 235 Gr.

---

1 Beschreibung einer Elektrisirmaschine u. s. w. S. 56 ff.

2 Die Beschreibung derselben s. *Elektrisirmaschine*.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

für die negative Kraft 122 Gr., für die Anziehung durch die positive Kraft auf $\frac{1}{4}$ Zoll Abstand 60 Gr. und auf $3\frac{1}{2}$ Zoll 425 Gr., für die anziehende negative Kraft auf $\frac{1}{4}$ Zoll Abstand 60 Gr. und auf 2 und $2\frac{1}{2}$ Zoll Abstand 530 Gran. Ueberhaupt fanden sie, dafs von dem Abstande von $\frac{1}{4}$ Zoll bis auf eine gewisse Entfernung vom Conductor die anziehende Kraft bei dem negativen Conductor gröfser als bei dem positiven war, über diese Entfernung hinaus dagegen die positive Kraft wieder über die negative das Uebergewicht bekam. Die genannten holländischen Physiker haben auch noch[1] die Beschreibung und Abbildung eines von Cuthbertson erfundenen *Ladungselektrometers* mitgetheilt, das aber nur darin von dem Adams'schen abweicht, dafs die Kugel, welche durch den Abstofsungswinkel die Gröfse der el. Spannung, und damit der Ladung anzeigt, statt in einer verticalen, in einer horizontalen Ebene sich bewegt. Noch weniger Eigenthümliches hat eine von eben demselben[2] angegebene Vorrichtung, in welcher Henly's Quadranten-Elektrometer, Lane's Auslade-Elektrometer und Brook's el. Waage gleichsam mit einander vereinigt sind.

Wirft man nochmals einen Rückblick auf alle bisher beschriebene Elektrometer, so ergiebt sich, dafs wir bis jetzt noch ein Instrument entbehren, welches den Physikern dieselben Dienste wie das Barometer, Thermometer oder auch nur das Hygrometer leistete, ein Instrument, das mit hinlänglicher Genauigkeit die Intensitäten der E. so abzumessen im Stande wäre, dafs die Anzeige desselben einen ganz bestimmten Werth hätte, ein Instrument ferner, für dessen Verfertigung die Regeln so fest bestimmt wären, dafs geschickte Mechaniker an den verschiedensten Orten darnach übereinstimmende Werkzeuge verfertigen könnten.

Wenn auch das Gesetz, nach welchem die Anziehung und Abstofsung elektrisirter Körper durch die Entfernung bestimmt wird, mit vollkommener Sicherheit ausgemacht wäre, so wird es in der Ausübung doch fast unüberwindliche Schwierigkeiten machen, in der grofsen Scale elektrischer Intensitäten, von den leisesten Spuren, durch welche das empfindlichste Goldblattelektrometer eben noch in Bewegung gesetzt wird, bis zu der die-

1 In der mehrmals angeführten Schrift, S. 66.

2 Nicholson's Journ. of natur. Philos. Vol. II. p. 525.

selben mehrere Millionenmale übertreffenden el. Spannung des auf das Maximum elektrisirten ersten Leiters einer sehr kräftigen Elektrisirmaschine, wie z. B. der meinigen, die Funken von 18 Par. Zoll schlägt, die mannigfaltigen Bedingungen bei den verschiedenen, zur Messung dieser Intensitäten nöthigen Instrumenten, die auf ihre Sprache Einfluſs haben, auf eine gleiche und übereinstimmende Art zu erfüllen. Schon ein kleiner Unterschied z. B. in der Beweglichkeit der Strohhälmchen in ihren Aufhängungspuncten wird, wenn auch in Absicht der Länge und Dicke dieser Strohhälmchen, der Form des Gefäſses, der obern Fassung desselben, der Ableitungsstreifen zwischen zwei solchen Elektrometern die vollkommenste Uebereinstimmung statt fände, doch die Anzeigen derselben merklich von einander abweichen machen. Glücklicher Weise reichen bei der beständigen Fluctuation der E., deren Intensität in jedem Processe fast unaufhörlich wechselt, in deren Sphäre es keine so feste Puncte giebt, wie z. B. in derjenigen der Wärme, durch die irgend ein wichtiger Proceſs der Natur und Kunst wesentlich bedingt wäre, die annähernden Bestimmungen, welche uns unsere Elektrometer in ihrem gegenwärtigen Zustande geben, wenigstens für den praktischen Gebrauch zu, und bei aller ihrer Unvollkommenheit haben doch diese Instrumente wesentlich die Fortschritte der Elektricitätslehre befördert, wozu insbesondere der Artikel *Galvanismus* die Belege liefern wird[1].

P.

Elektrometrie

bezeichnet im Allgemeinen das Messen der Elektricität, und geschieht diesemnach mit denjenigen Werkzeugen, welche im

---

1 Zur Literatur S. J. A. de Lüc Neue Ideen über Meteorologie. Erster Theil. Berlin u. Stettin 1787. gr. 8. S. 306 ff.

Alex. Volta's meteorologische Briefe, aus dem Ital. mit Anmerkungen des Herausgebers. Erster Band. Leipzig 1793. 8.

Cavallo's Vollständige Abhandlung von der E. Leipz. 1797. II. Thl. S. 175.

Adams's Versuch über die E.

Heidmann's vollständige Theorie der E. Wien 1799. I. Thl. Drittes Hauptstück. Von den Elektrometern. S. 63.

Kühn's Geschichte der medicinischen und physikalischen E. S. 154 ff.

Priestley Geschichte d. E. übers. durch Krünitz. S. 89. 343 ff.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

vorhergehenden Artikel beschrieben sind. Daselbst ist aber gleichfalls gesagt, dafs verschiedene sogenannte Elektrometer nicht eigentlich diesen Namen verdienen, sondern billig nur *Elektroskope* heifsen müfsten, welches dann die Einführung eines bis jetzt nicht gangbaren Namens, *Elektroskopie*, zu erfordern scheint. Weil aber hierunter nichts anders gehören würde, als die Untersuchung der Anwesenheit von Elektricität überhaupt, so bedarf es weder dieser besonderen Bezeichnung, noch auch einer Erläuterung derselben. Weil ferner die galvanische Elektricität mit der gemeinen Reibungselektricität nach der jetzt bestehenden Ansicht der Physiker ihrem Wesen nach identisch ist, die Magnetnadel aber die geringsten Spuren von jener anzuzeigen und die Stärke derselben zu messen benutzt wird, so könnte auch das Verhalten dieser letzteren bei der Untersuchung der Elektrometrie mit berücksichtigt werden. Man hat dem hiernach construirten Werkzeuge aber den Namen *Galvanometer* gegeben, und da das Verhalten desselben mit dem der feinsten Elektroskope im Wesentlichen zusammenfällt, so wird es billig hier nicht besonders berücksichtigt. Endlich haben einige Elektrometer in ihrer Construction das Mittel, die Art der Elektricität, ob sie + oder — sey, jedesmal sogleich anzuzeigen. Man könnte daher die Sprache dieser Werkzeuge und die Mittel, deren man sich bedient, um auch vermittelst der übrigen die Art der vorhandenen Elektricität zu erforschen, unter die Elektrometrie rechnen. Weil dieses aber kein eigentliches Messen erfordert, und das Verfahren bei den verschiedenen Elektrometern schon angegeben ist, so wird es hier billig übergangen. Die Elektrometrie ist sonach auf zwei Stücke beschränkt, nämlich zuerst auf die Ausmessung der *absoluten Stärke* der Elektricität, und zweitens auf die Untersuchung der *relativen Wirkungsfähigkeit* derselben mit Rücksicht auf die verschiedene Entfernung von dem eigentlichen Sitze derselben.

A. Messung der absoluten Stärke der Elektricität.

Insofern die Elektricität noch nicht für sich dargestellt ist, kann es auch keine absolute Messung derselben geben, vielmehr setzt man sie der Stärke ihrer Wirkungen proportional, wie dieses auch bei der Ausmessung der Wärme der Fall ist. Die verschiedenen Arten ihrer Messung müssen sich sonach auf ihre

Wirkungen beziehen, und lassen sich daher am besten an diese letzteren anknüpfen.

1. Eine vorzügliche Wirkung der Elektricität ist das *Anziehen* und *Abstofsen leichter Körper*. Hierauf beziehen sich die sämmtlichen bisher bekannten Elektrometer, bei deren Beschreibung schon im vorigen Artikel im Allgemeinen gezeigt ist, auf welche Weise man die absolute Stärke der Elektricität aus dem Gewichte der abgestofsenen oder angezogenen Körper unmittelbar, oder aus der Gröfse des Elongationswinkels derselben mittelbar findet. Weil dieses aber in den meisten Fällen mit Rücksicht auf die Entfernung zu geschehen pflegt, und aufserdem die Methode und die Gesetze bei beiden Messungsarten die nämlichen sind, so wird diese Frage am zweckmäfsigsten im zweiten Theile dieser Untersuchungen erörtert.

2. Hiermit zusammenhängend sind die *mechanischen Wirkungen* der Elektricität, die sich durch das Zerschlagen, Zerreifsen, Durchbrechen und Verschieben der verschiedenen Körper mit einer oft erstaunenswürdigen Kraft zeigen. Die hierher gehörigen Erscheinungen und die wenigen bisher gemachten Versuche, die Gröfse der hierzu erforderlichen Kraft zu bestimmen, werden unter dem Artikel *Flasche* mitgetheilt werden. Am auffallendsten sind diejenigen Erscheinungen, welche der Blitz darbietet[1], ohne dafs man bisher die zu den Wirkungen erforderliche Kraft genau zu messen vermochte, wie dieses aus den Bedingungen derselben leicht erklärlich ist.

3. Eine dritte Wirkung der Elektricität ist das *Glühendmachen* und *Schmelzen von Metalldrähten*, womit das Entzünden verbrennlicher Körper zusammenhängt. Sofern hierbei eine Messung der Elektricität statt findet, geschieht sie meistens durch die Länge und Dicke der geschmolzenen oder glühend gemachten Stahldrähte.

4. Endlich äufsert sich die Elektricität auch als *chemisch wirkende Potenz*, und zeigt insbesondere bei der Volta'schen Säule eine ausnehmende zerlegende Kraft. Eigentliche Messungen der hierbei wirksamen Elektricität finden überall kaum statt,

---

1 Vergl. *Blitz*. Eins der auffallendsten Beispiele habe ich so eben in Poggendorf's Annalen bekannt gemacht.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

aufser dafs man die Stärke der gebrauchten Apparate nach der Menge der Gase bestimmt, welche in einer gegebenen Zeit durch die Zerlegung des Wassers gebildet werden. Die unter die beiden letzteren Abtheilungen gehörenden Erscheinungen und die Arten der Messung, welche sich im Allgemeinen nur auf eine Vergleichung der gebrauchten Apparate bezieht, werden an den geeigneten Orten abgehandelt.

B. Messung der relativen Wirksamkeit der Elektricität mit Rücksicht auf den Abstand von dem Körper, auf welchem dieselbe angehäuft ist.

Ungleich ausführlicher und mehr wissenschaftlich ist diese zweite Frage von jeher behandelt, weil sie nicht blofs die Stärke der Wirksamkeit einer aus ihrem Verhalten erkennbaren Potenz, sondern zugleich die individuelle Art ihrer Existenz und ihrer Verbreitung im Raume zum Objecte ihrer Untersuchung macht, und hierdurch Auskunft über das Wesen derselben zu geben verspricht. Sie macht daher das eigentliche Object der Elektrometrie aus, und bedient sich als Werkzeuge der im vorigen Artikel beschriebenen Elektrometer. Letztere sind blofs auf die Eigenschaft der Abstofsung und Anziehung der Körper durch Elektricität gegründet, und würden allgemeine Mefswerkzeuge für die Stärke der elektrischen Wirksamkeit seyn, wenn die Kraft der Elektricität ihrer anziehenden und abstofsenden Kraft ohne Ausnahme direct proportional wäre. Dieses findet man aber namentlich bei der galvanischen Elektricität nicht bestätigt, welche oft die heftigsten Wirkungen der Erhitzung, chemischen Zerlegung und Hervorrufung des Magnetismus mit einer sehr geringen Repulsionskraft verbindet. Noch immer bleibt die Erklärung dieses Unterschiedes zwischen der durch Reibung und der durch Berührung heterogener Metalle erzeugten Elektricität schwierig, indefs ist hierüber an den geeigneten Stellen schon geredet. Die Elektrometrie bezieht sich daher für jetzt noch meistens auf die Stärke der Spannung, welche die durch Reibung erzeugte Elektricität in ungleichen Abständen zeigt, und man hat schon verschiedene Versuche gemacht, die hierbei obwaltenden Gesetze durch theoretische Untersuchungen und durch die Erfahrung auszumitteln. Hierher gehören unter an-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dern die Bemühungen von Aepinus[1], Volta[2], de Lüc[3] und Späth[4]; allein niemand hat diesen Gegenstand weiter gefördert als Poisson durch seine theoretischen Untersuchungen[5] und Coulomb[6] durch seine unvergleichlichen Versuche, denen Biot[7] in seiner Darstellung gefolgt ist. Eine eben so gründliche als vollständige kritische Prüfung der bisherigen Versuche aber, das Gesetz der elektrischen Anziehungen und Abstofsungen aufzufinden, hat neuerdings Egen[8] geliefert, so wie Kämtz[9] eine geometrische Untersuchung des Gegenstandes, deren verdienstliche Arbeiten ich bei meiner Darstellung hauptsächlich benutzen werde. Zu mehrerer Vollständigkeit des Ganzen und einer leichteren Uebersicht schien es mir aber am räthlichsten, die Elektrometrie nach der Beschaffenheit der gebrauchten Elektrometer abzuhandeln, zuvörderst aber noch folgende theoretische Betrachtungen vorauszuschicken.

Die elektrische Anziehung und Abstofsung wird nur unter denjenigen Umständen gemessen, wenn die Elektricität über gewisse Körper verbreitet ist. Die letzteren sind entweder Leiter oder Nichtleiter derselben, und bei beiden findet man im Zustande der Ruhe die Elektricität auf ihrer Oberfläche haftend, woselbst sie durch den Druck der Luft zurückgehalten wird. Inzwischen ist ihr Verhalten bei Nichtleitern etwas verschieden, insofern sie denselben durch eigene Anziehung weit stärker anhängt, als den Leitern. Die Richtigkeit dieses Satzes ergiebt sich aus dem Verhalten luftleerer gläserner Röhren, Glocken u. s. w., indem die ihnen durch Reibung oder Mittheilung gegebene Elektricität sich unter günstigen Umständen längere Zeit an ihnen erhält, und ihr Daseyn durch fortgesetztes Leuchten kund giebt. Ueberhaupt ist nicht zu bezweifeln, dafs die Elek-

---

1 Tentamen theor. electr. et magn. p. 38.

2 A. Volta meteorol. Briefe a. d. Ital. Leipz. 1793. 8.

3 Neue Ideen über Meteorologie. Berl. u. Stettin 1787. I. 306.

4 Abhandlung über Elektrometer. Nürnb. 1791. 8. Gren Journ. IV. 361.

5 Mém. de l' Institut. année 1811. I. p. 1 ff. II. p. 163.

6 Mém. de l' Acad. 1787. p. 430.

7 Traité II. 224.

8 Poggendorf's Annalen V. 199 u. 281.

9 Dissertatio de legibus repulsionum electricarum geometricis Halae 1823.

tricität gleichfalls einer Anziehung durch die Körper aller Art folge, welche Kraft indefs durch die eigene Repulsion ihrer Theile gegen einander, und das Bestreben derselben, sich mit ihrem Entgegengesetzten zu neutralisiren, modificirt wird. Sie ist ferner auf nichtleitenden Körpern nicht frei beweglich, kann daher auch, ohne Rücksicht auf die Gestalt derselben, an den verschiedenen Stellen ungleich angehäuft seyn, und die Nichtleiter sind daher weniger geeignet, das Verhalten derselben im Allgemeinen zu zeigen. Noch kommt ein Unterschied in Betrachtung, ob nämlich die Nichtleiter flache Scheiben sind, auf deren beiden Seiten gleichartige oder entgegengesetzte Elektricitäten sich angehäuft befinden. Im ersteren Falle haben beide freie Spannung, aber es tritt der merkwürdige Umstand ein, dafs die Elektricität nur an der einen Seite weggenommen werden darf, um auch an der andern zu verschwinden, welches aus einer Neutralisirung durch die entgegengesetzte erklärlich wird, und sehr für den Dualismus entscheidet. Sind dagegen auf beiden Seiten einer flachen Scheibe die entgegengesetzten Elektricitäten angehäuft, so binden sie sich in ihren einzelnen Elementen gegenseitig so stark, dafs sie keine bedeutende Spannung zeigen, und sich daher zu Versuchen über die elektrischen Repulsionsgesetze nicht gut eignen. Man kann die Belegungen einer Glastafel bei der sogenannten zerlegbaren Flasche vom Glase trennen, beide durch Berührung neutralisiren, selbst die Glastafel nach einander auf beiden Seiten in einzelnen Puncten berühren, dann die Flasche wieder herstellen, und wird sie geladen finden. Sind aber die Belegungen mit dem Glase verbunden, und ist eine derselben leitend mit der Erde in Verbindung gesetzt, so zeigt die andere insofern eine freie Spannung der Elektricität, als sie das Bestreben hat, sich mit der entgegengesetzten zu neutralisiren, und kann also in der Gestalt der bekannten leidener Flasche zur Untersuchung der Gesetze der elektrischen Anziehung und Abstofsung mit gehöriger Vorsicht angewandt werden. Ob aber die Nähe der entgegengesetzten elektrischen äufseren Belegung, und die Wirkungssphäre der letzteren auf die Vertheilung der Elektricität, am Knopfe der Flasche einen störenden Einfluss ausübe, dieses ist, so viel ich weifs, noch nicht genügend untersucht. Auf allen Fall aber kann unter den verschieden gestalteten *Nichtleitern* nur die Flasche oder ein geriebener idioelektrischer Körper, als etwa

eine Glasröhre oder Siegellackstange, unter den erforderlichen Bedingungen und Vorsichtsmafsregeln zu diesem Zwecke, jedoch nicht mit völliger Sicherheit, benutzt werden.

Etwas verschieden hiervon ist das Verhalten der leitenden Körper, namentlich der Metalle, welche allein zu berücksichtigen hier vollkommen genügt. Es ist als ein Axiom in der Elektricitätslehre eingeführt, dafs die Elektricität sich nur auf der Oberfläche der Leiter befinde. Poisson[1] sagt hierüber, Coulomb habe durch directe Versuche bewiesen, dafs kein Atom der Elektricität im Innern der Leiter bleibe, aufser etwa der natürliche Sättigungszustand derselben. Dieser Satz in absoluter Strenge und Allgemeinheit genommen würde im offenbarsten Widerspruche mit den erwiesensten Thatsachen stehen. Wenn der Blitz dicke Metalldrähte schmelzt, Bäume in Splitter zerspaltet, die Reizbarkeit der Nerven zerstört und die Frucht in der Mutter tödtet[2], ohne die letztere zu beschädigen, so ist es wohl unmöglich, sich vorzustellen, dafs dieses alles durch eine blofse Verbreitung der Elektricität auf der Oberfläche geschehe. Inzwischen liegt dieses nicht in Coulomb's Behauptung. Man mufs nämlich wohl unterscheiden, ob die Elektricität einen Leiter *frei durchströmt*, oder auf einem isolirten sich *verbreitet*. Wenn dieselbe einen vollkommenen Leiter frei durchströmt, insbesondere wenn bei einer Flasche die positive sich mit der negativen zur Neutralisation verbindet, so ist wohl keinem Zweifel unterworfen, dafs sie in der Masse der Leiter fortströmt, womit auch Davy's Versuche und viele Erscheinungen des Elektromagnetismus übereinstimmen[3]. Hängt man über den leitenden Draht, welcher die beiden Belegungen einer Flasche verbindet, einen Faden mit einem Korkkügelchen an jedem Ende so, dafs beide sich berühren, so werden sie beim Entladen der Flasche gar nicht, oder nur dann unmerklich aus einander fliegen, wenn die Annäherung zum anderen Pole der Flasche langsam geschieht. Die kräftigste Elektricität äufsert also beim Durchströmen des vollkommenen Leiters auf der Oberfläche desselben keine merkliche Spannung.

Ganz etwas anderes ist es aber, wenn einem Leiter freie

---

1 a. a. O. I. p. 3.

2 Vergl. *Blitz; Elektricität, medicinische.*

3 Vergl. *Elektromagnetismus* II. und *Theorie* a. E.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Elektricität mitgetheilt ist. Abstrahiren wir hierbei vorläufig von der Form der Körper und ihrem Einflusse auf die Vertheilung der Elektricität auf denselben[1], so folgt aus dem Bestreben der Elektricität nach Neutralisation mit ihrem Entgegengesetzten, welches sie im Innern der Körper nicht findet, desgleichen aus der Repulsion ihrer einzelnen Theile gegen einander, dafs sie sich auf der Oberfläche anhäufen mufs, und von hieraus zerstreuen würde, wenn die Nichtleitung der Luft dieses nicht hinderte. Beobachtet man im Finstern das Ausströmen der Lichtbüschel, welche von einer Spitze ausgehend sich kegelförmig mit abnehmend schwächerem Lichte ausbreiten, so giebt diese Erscheinung gleichsam ein Bild des Bestrebens der Elektricität, sich vom Leiter aus zu zerstreuen, und zwar so, dafs ihre Dichtigkeit hierbei den Quadraten des Abstandes vom Leiter, auf dessen Oberfläche sie aufgehäuft ist, umgekehrt proportional abnimmt. Wäre dieser letztere Satz durch Theorie und Erfahrung hinlänglich begründet, und dürften wir annehmen, dafs die nach Ausgleichung strebende, auf der Oberfläche eines isolirten Leiters ausgebreitete Elektricität gleichfalls an Dichtigkeit und somit auch an Wirksamkeit den Quadraten der Entfernung proportional abnähme, so hätte die Elektrometrie eine feste Basis, worauf sie fufsen könnte, indem dann die Elektricität nur in einer einzigen Entfernung gemessen werden dürfte, um die Stärke derselben in jedem Abstande von ihrem eigentlichen Sitze zu bestimmen, wobei sich von selbst versteht, dafs auf die durch mannigfaltige Umstände bedingte stete Ausströmung gehörige Rücksicht zu nehmen wäre. Deswegen ist es bisher das hauptsächliche Streben der Elektrometrie gewesen, dieses Gesetz mit genügender Zuverlässigkeit zu begründen.

Pfaff[2] hat gezeigt, dafs der Inbegriff der gesammten elektrischen Erscheinungen nur dann mit innerer Consequenz erklärt werden kann, wenn man die Elektricität für ein gewisses materielles, ätherartiges Wesen hält, dessen einzelne Theile Repulsion gegen einander ausüben. Dieser Ansicht huldigen gegenwärtig alle diejenigen Physiker, welche sich bei der Erforschung der Elektricität nicht mit der Kenntnifs der allgemeinst bekannten Erscheinungen und der hierauf oberflächlich gebaue-

1 Hierüber S. *Elektricität; Mittheilung derselben.*
2 S. *Elektricität.*

ten Erklärungen begnügen, sondern die angegebenen gehaltvollen Abhandlungen von Coulomb, Poisson und Biot gründlich studirt haben. Legen wir aber diesen Satz zum Grunde, und berücksichtigen dann ferner, dafs die Elektricität durch Anziehung auf der Oberfläche festgehalten wird, indem sie sich mit dem entgegengesetzten zu sättigen sucht und zugleich der Repulsion ihrer Theile unterliegt, so folgt hieraus von selbst, dafs die Elektricität den isolirten Leiter nach Art einer Atmosphäre umgiebt, deren Dichtigkeit eben wie bei der Atmosphäre unserer Erde (die Abnahme der Temperatur bei der letzteren nicht berücksichtigt) im quadratischen Verhältnisse der Entfernung abnimmt.

Poisson[1] geht von der von ihm als ausgemacht angenommenen Prämisse aus, dafs die Repulsionskraft der Elektricität im quadratischen Verhältnisse der Entfernungen abnimmt, gründet hierauf die Gesetze der Verbreitung der Elektricität über die Oberflächen der Körper von den verschiedensten Formen, und die Uebereinstimmung der durch seine Analyse erhaltenen Resultate mit denen, welche Coulomb auf dem Wege der Erfahrung fand, läfst nicht wohl einen Zweifel an der Gültigkeit dieses Gesetzes zu. Aufserdem folgert derselbe, und noch bestimmter Egen[2] aus den allgemeinen Anziehungsgesetzen, angewandt auf das eigenthümliche Verhalten der Elektricität, die Nothwendigkeit dieses Gesetzes. Befindet sich nämlich ein leitender Körper in trockner Luft, und wird ihm Elektricität mitgetheilt, so wird diese vermöge ihrer Repulsionskraft, und indem der leitende Körper ihrer Bewegung kein Hindernifs entgegensetzt, sich über die Oberfläche verbreiten, und daselbst durch die Luft zurückgehalten werden. Es folgt dann sowohl aus theoretischen Gründen, als auch aus Coulomb's directen Erfahrungen[1], dafs unter diesen Bedingungen im Innern der Körper aufser dem natürlichen Stillungszustande keine Elektricität zurückbleibt, dafs vielmehr die freie sich in einer dünnen Schicht über die Oberfläche verbreitet, welche nicht merklich in das Innere eindringt, und deren Dichtigkeit durch die Gestalt des Körpers bedingt wird. Damit aber ein elektrisirter Kör-

1 a. a. O. I. p. 1 u. 4.
2 Poggendorf Ann. V. 202.
1 Vergl. *Elektricität* p. 270.

per seinen elektrischen Zustand bleibend und unverändert beibehält (die nothwendige Bedingung der allmäligen Zerstreuung durch die nur unvollkommen isolirende Luft nicht gerechnet), mufs nicht blofs das Gleichgewicht der die Oberfläche bedekkenden Schichte beständig bleiben, sondern sie darf auch weder Anziehung noch Abstofsung auf irgend einen willkührlichen Punct im Innern des Körpers ausüben. Wäre dieses nicht der Fall, so würde die auf der Oberfläche befindliche Elektricität einen Theil der im Innern enthaltenen zerlegen, und dadurch ihren vorigen Zustand verändern. Die Resultirende der Wirkungen aller Theile der Elektricität also, welche die äufsere Lage bilden, gegen irgend einen willkührlichen Punct im Innern des Körpers ist daher $= 0$, und dieses erstreckt sich nicht blofs auf den Mittelpunct der Körper, sondern auf seinen ganzen Inhalt bis an die Grenze seiner äufsern Oberfläche, wo sich die Lage der freien Elektricität befindet.

Denkt man sich gröfserer Einfachheit wegen eine Kugel[1], deren Mittelpunct D seyn möge, und auf deren Oberfläche die freie Elektricität vermöge der Gestalt dieses Körpers überall gleichmäfsig vertheilt ist, an irgend einem Puncte C im Innern derselben aber zwei zur Neutralität verbundene Theilchen der Elektricität, so werden die auf der Oberfläche verbreiteten Theilchen anziehend auf das ungleichnamige und zurückstofsend auf das gleichnamige Theilchen in C wirken. Es wird also bei C nur in dem Falle keine Vertheilung, und somit auch keine Veränderung des elektrischen Zustandes im Innern des Körpers, und auf seiner Oberfläche nur unter der oben angegebenen Bedingung statt finden, nämlich wenn die Resultirende aller Anziehungen und Abstofsungen $= 0$ ist; d. h. wenn die Linien A b und a B unendlich nahe zusammenliegend durch den Punct C gezogen werden, so mufs die Anziehung oder Abstofsung des Linienelementes A a gleich derjenigen von B b seyn, oder aber die Anziehungs- und Abstofsungskräfte müssen in beliebigen Entfernungen so wirken, dafs sie sich von der Oberfläche einer Fig. 146.

1 Egen a. a. O. bezieht sich auf Newton Princ. I. p. 357. ed. nov. Glasquae 1822. (oder Lib. I. Sect. XII. prop. LXX. th. XXX. T. I. p. 267. ed. Tessanek) und Poisson Traité de Méc. II. 20. wo ein ähnlicher Beweis über die anziehenden Kräfte vorkommt. Vergl. G. G. Schmidt Handb. d. Naturl. Giefs. 1813. I. p. 428.

Kugel aus bei Puncten innerhalb derselben wechselseitig aufheben. Diese Bedingung findet aber nach den hierüber durch Newton, Poisson u. a. geführten Beweisen nur dann statt, wenn die Anziehungs- und Abstofsungskräfte dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional wirken, man mag in specieller Beziehung auf die Elektricität die Lage derselben auf der Oberfläche der Kugel als verschwindend dünn oder von mefsbarer Dicke annehmen. Ist der Exponent jenes Verhältnisses kleiner als 2, so übt das entferntere Element B b eine gröfsere Kraft auf C aus, als das nähere A a; ist er dagegen gröfser als 2, so wirkt A a stärker auf C als B b, und in beiden Fällen wird die Elektricität in jenem Puncte zerlegt, und das vorher bestandene Gleichgewicht aufgehoben. Dafs übrigens dasjenige, was hier für den Punct C bestimmt ist, für alle um den Mittelpunct D liegende Puncte statt finde, versteht sich von selbst, und bedarf kaum einer Erwähnung.

Man darf somit den Satz, dafs die freien, auf der Oberfläche leitender Körper angehäuften, Elektricitäten Abstofsung und Anziehung im umgekehrten quadratischen Verhältnisse des Abstandes ausüben, als theoretisch begründet ansehen. Die Physiker konnten sich indefs hiermit nicht begnügen, sondern mufsten dieses Gesetz auch durch Versuche prüfen, und dieses ist wirklich von vielen auf verschiedene Weise geschehen, wozu im Allgemeinen die im vorigen Artikel beschriebenen Elektrometer dienten. Dabei wurde im Allgemeinen vorausgesetzt, dafs die Abstofsungen und Anziehungen einander gleich sind, welches auch durch Versuche bestätigt wurde. In gröfserer Vollständigkeit ist indefs das Gesetz nur vermittelst der Abstofsungen geprüft, weil bei den Anziehungen die angezogenen Körperchen leicht etwas Elektricität im Wirkungskreise der genäherten elektrisirten Körper annehmen, und dadurch unrichtige Resultate veranlassen können.

1. Messungen vermittelst der Drehwaage.

Die durch Coulomb erfundene und viel gebrauchte Drehwaage ist oben[1] beschrieben. Die Anwendung derselben zu elektrometrischen Versuchen ist mit sehr grofsen Schwierigkeiten verbunden, weil sie ein aufserordentlich feines Werkzeug

1 S. Th. II. p. 591. Vergl. Gren N. J. III, 50.

ist, und die Anziehungen der Glaswand, welche leicht etwas Elektricität erhält, auf den beweglichen Arm eine grofse Störung herbeiführt. Es ist daher vorzüglich nur Coulomb gelungen, richtige Resultate damit zu erhalten, weil er sie als seine Erfindung sehr hoch schätzte, und sie mit grofser Sorgfalt und ausnehmender Geschicklichkeit zu behandeln wufste. Soll sie zu elektrischen Versuchen gebraucht werden[1], so besteht der Waagebalken aus einer feinen Stange Gummilack b b′, dessen horizontale Richtung durch eine in der Mitte eingesteckte, mit dem Knopfe herabwärtshängende, Stecknadel erreicht wird. Am einen Ende befindet sich die Kugel b′ von Hollundermark oder dem Marke der Sonnenblume, welche auch vergoldet seyn kann, und welche man vermittelst des beweglichen Knopfes s auf o der Theilung auf dem unteren papiernen Kreise stellt. Eine andere gleiche Kugel a′ wird an dem Stäbchen von Gummilack a a′ durch die gläserne Deckplatte des unteren gröfseren Cylinders herabgelassen, und ist gleichfalls auf das o der Theilung gerichtet, so dafs also die erstere Kugel b′ um die Summe der Halbmesser beider Kugeln davon weggerückt wird. Die feinen Stangen von Gummilack erhält man leicht, wenn man diese Substanz an der Flamme einer Kerze erweicht, und nach Art des Glases in Fäden von der erforderlichen Länge und Dicke auszieht. An ein solches Stängelchen wird dann ferner ein kleines metallenes Knöpfchen, etwa das einer Stecknadel befestigt, diesem Elektricität durch Berührung einer geriebenen Glas- oder Siegellackstange, oder eines elektrisirten Conductors mitgetheilt, und dem Kügelchen a′ zugeführt, indem man jenes mit diesem durch eine seitwärts befindliche geeignete Oeffnung in Berührung bringt und sogleich zurückzieht. Fig. 147.

Bei Coulomb's Versuchen hing der feine Waagebalken an einem sehr dünnen Silberfaden von 28 Z. Länge, und so zart, dafs 1 Fufs davon nicht mehr als $\frac{1}{16}$ Gran wog. Der Radius des durch den Hebelarm beschriebenen Kreises betrug 4 Z., wonach also[2] eine auf das Ende des Waagebalkens perpendicular wirkende Kraft von $\frac{1}{3\,4\,0}$stel Gran erfordert wurde, um denselben durch einen ganzen Kreis herumzudrehen. Weil aber die Elasticität eines Drahtes bei einer Windung um seine Län-

1 Biot Traité. II. 224 ff.

2 Vergl. *Drehwaage* Th. II. 596. ff. u. *Elasticität* p. 194. ff.

genaxe dem Drehungswinkel proportional ist, so erforderte die Drehung von *einem* Grade nur ein Gewicht von $\frac{1}{72400}$ Gran. Indefs zerrifs dieser Draht durch die geringste Erschütterung, und Coulomb bediente sich daher mehr eines Drahtes von doppelt so starkem Durchmesser, dessen Elasticität also 16 mal gröfser war. Es ist ferner räthlich, den Draht einige Tage vor dem Versuche durch ein Gewicht gespannt zu halten, welches der Hälfte seiner absoluten Tragkraft gleich ist, auch die Umdrehung nicht über 300 Grade zu treiben, damit er sich nicht windet, und losgelassen auf seinen vorigen Stand zurückkommt.

Coulomb verfeinerte dieses Werkzeug noch mehr, um ein blofses Elektroskop für die geringsten Spuren von Elektricität zu erhalten. Zu diesem Zwecke nahm er statt des Metalldrahtes einen Coconfaden, 4 Z. lang, mit einem zarten Waagebalken von 1 Z. Länge, an dessen Ende ein kleines Scheibchen Rauschgold befestigt war, so dafs das Gewicht des Ganzen nicht mehr als 0,25 Gran ausmachte. Die Drehung durch einen ganzen Kreis betrug hierbei nur den 60,000sten Theil eines Granes. Durch die äufsere Wand des gläsernen Gehäuses wird ein von Gummilack umgebener Kupferdraht gesteckt, welcher an einem Ende ein vergoldetes Kügelchen von Hollundermark trägt, am andern ein metallenes Knöpfchen. Die Axe des Drahtes befindet sich in 0° der Theilung des Kreises, der Coconfaden aber wird vermittelst seiner oberen Befestigung leise gedrehet, bis das Scheibchen Rauschgold das vergoldete Kügelchen gerade berührt, und es wird zurückgestofsen, wenn man dem metallenen Knöpfchen am Kupferdrahte von Aufsen einen auch noch so wenig elektrisirten Körper nähert. Das Werkzeug gehört also ganz eigentlich unter die *Mikroelektrometer*.

Um zu zeigen, auf welche Weise Coulomb das seitdem auf seine Autorität angenommene Gesetz aus seinen Versuchen folgerte, beschreibt Biot einen derselben. Als nämlich der Apparat auf die angegebene Weise vorgerichtet und der Kugel a′ Elektricität mitgetheilt war, wurde die Kugel b′ um einen Winkel von 36° zurückgestofsen. Coulomb drehete darauf den Draht dieser Abstofsung entgegen, bis der Winkel nur noch 18° betrug, wobei der Zeiger bei s eine Umdrehung von 126° zeigte. Nach Herstellung des Gleichgewichts fuhr er fort rückwärts zu drehen, bis b′ auf 8°,5 zeigte, wozu eine Umdrehung durch 567° erfordert wurde. Durch vorläufige Versuche hatte

sich Coulomb überzeugt, dafs eine Abstofsung von 30° an diesem trocknen Tage innerhalb 3 Minuten nur um 1° vermindert wurde, und da der Versuch nur zwei Minuten dauerte, so kann der Verlust als verschwindend betrachtet werden. Ist hiernach a b d der durch die Kugel am Ende des Hebelarmes beschriebene Kreis, c der Mittelpunct desselben, und a b der bei der ersten Zurückstofsung gemessene Bogen von 36°, so bezeichnet dieser die Stärke der Repulsion auf diese Entfernung. Als für die zweite Entfernung der Zeiger um 126° rückwärts gedrehet wurde, die Kugel sich aber in b′, einem Abstande von 18° erhielt, so gehörte die Elasticität des Drahtes einer Abstofsungskraft von $126° + 18° = 144°$ bei dieser Entfernung zu. Endlich wurde der Draht um 567° gedrehet, und als die Kugel bei 8°,5 zum Stillstande kam, so gehörte dieser Entfernung eine Elasticität von $567° + 8°{,}5 = 575°{,}5$ zu. Indem aber nach dem, was oben unter Elasticität[1] gezeigt ist, der Widerstand gedreheter Drähte dem Drehungswinkel proportional ist, so verhalten sich, wenn die letzte Gröfse in 576° verwandelt wird, die Abstandswinkel wie $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$ die Drehungswinkel aber wie $1 : 4 : 16$ d. h. die letzteren umgekehrt wie die Quadrate der ersteren. Hieraus folgt also das Gesetz, *dafs die elektrischen Repulsionen den Quadraten der Entfernungen umgekehrt proportional sind.*

Fig. 148.

Hierbei sind indefs die Bogen statt der Chorden zum Messen der Entfernungen genommen, auch ist vorausgesetzt, dafs die Richtung der abstofsenden Kraft stets perpendiculär auf die Kugel am Hebelarme gewesen sey, welches nicht in ganzer Strenge richtig ist. Biot[2] hat daher gezeigt, wie die Versuche mit Rücksicht auf diese Bedingungen genau berechnet werden können. Es ist zuvörderst als erwiesen anzusehen, dafs bei einer massiven oder hohlen Kugel, deren einzelne Theilchen mit einer im quadratischen Verhältnisse des Abstandes abnehmenden Abstofsungs- oder Anziehungskraft versehen sind, die Gesammtkraft derselben in ihrem Mittelpuncte vereinigt angenommen werden kann[3]. Ist die letztere daher in der Ent-

1 Th. III. 194.

2 a. a. O. p. 229.

3 Vergl. Newton u. Poisson a. d. a. O.

fernung 1 gleich F; so ist sie in der Entfernung D $= \frac{F}{D^2}$, wenn
Fig. 149. bei einer Winkelbewegung der Abstand nach der Chorde ab gemessen wird. Zerlegt man diese in zwei andere, die eine nach der Richtung der Nadel cb, die andere lothrecht auf dieselbe bt, so ist die letztere es allein, welche die Drehung bewirkt. Die abstofsende Kraft mufs also nach statischen Gesezzen mit dem Cosinus des Winkels abt multiplicirt werden, und da letzterer das Complement von cba, also $= 90° -$ cba ist, so wird für das gleichschenkliche Dreieck acb, wenn man den Winkel bei c durch a bezeichnet, die Abstofsungskraft $= \frac{F}{D^2}$ Cos. $\frac{1}{2}$a. Es kann indefs auch die Entfernung D als Function dieses Winkels ausgedrückt werden. Fället man nämlich von c aus das Perpendikel cp, so ist ap $=$ bp $=$ Sin. $\frac{1}{2}$a also für den Radius cb $=$ r ist D $=$ 2r Sin. $\frac{1}{2}$a wonach man für die abstofsende Kraft den geometrischen Ausdruck

$$\frac{F.\ \text{Cos.}\ \frac{1}{2}a}{4r^2\ \text{Sin.}^2\frac{1}{2}a}$$

erhält. Ist dann A der durch den Zeiger bei s gemessene Drehungsbogen des Drahtes, woran der Waagebalken hängt, und dessen Elasticität mit der Repulsion ins Gleichgewicht kommt, giebt man ferner diesem Bogen für den nämlichen Apparat einen beständigen Coefficienten n, so ist

$$\frac{F.\ \text{Cos.}\ \frac{1}{2}a}{4r^2\ \text{Sin.}^2\frac{1}{2}a} = nA$$

woraus $\frac{F}{4nr^2} =$ A Sin. $\frac{1}{2}$a Tang. $\frac{1}{2}$a

wird, und da das erste Glied dieser Gleichung eine für alle Versuche beständige Gröfse ist, so müssen sie unter der Voraussetzung der Richtigkeit des aufgestellten Gesetzes für das letzte eine gleiche Gröfse geben. Man erhält aber aus der Berechnung der Coulomb'schen Versuche nach dieser Formel

Versuche	a	A.	A. Sin. $\frac{1}{2}$a Tang. $\frac{1}{2}$a
1ster Vers.	36°	36°	3,614
2ter Vers.	18	144	3,568
3ter Vers.	8,5	575,5	3,169
angenommen	9	576	3,557

Blofs bei dem 3ten Versuche zeigt sich eine Abweichung, wel-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

che zwar als Beobachtungsfehler gelten könnte, indefs läfst sich auch annehmen, dafs die geringere Gröfse des Abstofsungswinkels aus der Natur der Sache folge. Kommen nämlich zwei Kugeln mit einer sie umgebenden elektrischen Atmosphäre einander sehr nahe, so stofsen sich die letzteren ab, und es liegt das Centrum der abstofsenden Kraft der Kugeln nicht mehr im Mittelpuncte der letzteren, sondern in einer mit ihrer Nähe wachsenden Entfernung von demselben, wodurch also der Abstofsungswinkel vermindert werden mufs. Man sieht zugleich aus dieser Berechnung, dafs in denjenigen Fällen, worin der Abstofsungswinkel nicht über 36° beträgt, man sehr gut die Bogen statt ihrer Chorden nehmen kann, um durch eine leichtere Berechnung solche Werthe zu erhalten, welche sich nur unmerklich von der Wahrheit entfernen.

Coulomb hat auch Versuche angestellt, um das Gesetz der Anziehung ungleichartig elektrisirter Körper zu finden[1]. Sie sind aber ungleich schwieriger und unsicherer als die eben beschriebenen, und es genügt daher nur im Allgemeinen zu bemerken, dafs sich auch durch diese das aufgestellte Gesetz der Anziehung im umgekehrten quadratischen Verhältnisse der Entfernung bestätigt zeigte. Wird nämlich die am Hebelarme der Drehwaage befestigte Kugel b, wenn sie entweder im neutralen Zustande oder mit entgegengesetzter Elektricität gesättigt ist, durch die feste Kugel a angezogen, so müssen nach entstandener Bewegung beide zur Berührung kommen, wenn die Anziehung dem Quadrate des Abstandes umgekehrt proportional ist, und hierdurch wird der elektrische Zustand beider verändert. Um dieses zu hindern, mufs ein seidener Faden lothrecht im Gehäuse der Drehwaage so herabgeführt werden, dafs der eine Arm des Waagebalkens in seiner Bewegung dadurch aufgehalten wird, so dafs die Kugel nur etwa bis nach b′ gelangen kann, und dann mufs man den Draht so stark rückwärts drehen, bis seine Elasticität mit der Anziehung der Kugeln ins Gleichgewicht kommt. Weil aber hiernach beiden Kugeln Elektricität mitgetheilt werden mufs, deren Stärke nicht so genau bestimmbar ist, oder die neutrale Kugel im Wirkungskreise leicht etwas Elektricität annimmt, überhaupt die Anstellung des Versuches leicht etwas mehr Zeit erfordert, so ist auf diesem Wege nicht leicht völlige

Fig. 150.

1 Biot Traité II. 233.

Genauigkeit zu erhalten, und sind solche daher nicht ohne die gröfste Vorsicht anzustellen.

Endlich bestätigte Coulomb das aufgefundene Gesetz noch durch eine Reihe von Versuchen, welche nicht eben schwer anzustellen und in mancher Hinsicht sehr interessant sind, eben daher also eine Erwähnung verdienen[1]. Er bediente sich hierzu einer Drehwaage, deren Hebelarm aus Gummilack 15 bis 16 Lin. lang bestand. An dem einen Ende war ein kleines Scheibchen Goldpapier befestigt, er selbst aber an einem Coconfaden von 7 bis 8 Z. Länge aufgehangen, dessen anderes Ende zu vollständigerer Isolirung an einem Stäbchen Gummilack befestigt war. Die Beweglichkeit eines solchen Apparates ist so leicht, dafs ein Hundertzwanzig Tausendstel eines Grans den Waagebalken durch einen ganzen Kreis umzudrehen vermag. Es mufs indefs der Waagebalken einige Tage an dem Faden ruhig hängen, damit letzterer sich vollkommen aufdrehet, und die Schwingungen nachher blofs durch die Anziehung einer vor demselben befindlichen Kugel bedingt werden. Vor dem Scheibchen Goldpapier stellte Coulomb nämlich eine grofse hölzerne, mit Zinnfolie überzogene Kugel von einem Fufs im Durchmesser, welche von drei dünnen Säulen Gummilack isolirt getragen wurde, und vermittelst eines Schiebers in einer Nute auf abgemessene Entfernungen dem Scheibchen genähert oder weiter davon entfernt werden konnte. Nachdem der Apparat auf diese Weise vorgerichtet war, wurden dem Scheibchen und der Kugel entgegengesetzte Elektricitäten mitgetheilt, der Abstand ihrer Mittelpuncte genau gemessen, und der Waagebalken in verschiedenen Entfernungen dieser Mittelpuncte in Schwingungen durch kleine Bogen versetzt, die Zeitdauer einer bestimmten Menge derselben nach einer genauen Secundenuhr bestimmt, und hieraus die Stärke der Anziehung berechnet. Es gehörten hiernach folgende Gröfsen zu einander:

Abstand der Centra:	Zeitdauer von 15 Schwingungen.
9 Zolle	20 Secunden.
18 —	41 — —
24 —	60 — —

Zur Berechnung dieser Resultate darf man eben so wie oben die

1 Biot Traité II. 236. ff.

anziehende Kraft zwischen dem Scheibchen Goldpapier und der Kugel für die verschiedenen Entfernungen ihrer Mittelpuncte durch $\frac{F}{D^2}$ ausdrücken, insofern sich annehmen läfst, dafs die Gesammtkraft der elektrischen Wirkung beider in ihrem Centro vereinigt gedacht werden kann, und das Scheibchen wegen der Gröfse der Kugel und der Kleinheit der Schwingungsbogen während der Dauer einer einzelnen Schwingung seine Entfernung von derselben nicht merklich änderte. Werden dann die Schwingungen mit denen eines durch die Anziehung der Erde schwingenden Pendels verglichen, für welches bei einer Länge = L, und die Schwere = g die Schwingungszeit

$$T = \pi . \left(\frac{L}{g}\right)^{\frac{1}{2}}$$

ist, so wird durch Substitution von $\frac{F}{D^2}$ statt g

$$T = D . \pi . \left(\frac{L}{F}\right)^{\frac{1}{2}}$$

wonach also die Schwingungszeiten den Abständen proportional seyn müssen, wenn die Länge des Hebelarmes und die Stärke der Elektricität unverändert bleiben. Bei dem erwähnten Versuche verhielten sich die Entfernungen wie 3 : 6 : 8, die Zeiten aber wie 20 : 41 : 60. Die letzteren sollten seyn 20 : 40 : 54, wovon hauptsächlich nur die letztere Gröfse bedeutend abweicht. Allein die Beobachtung wurde 4 Minuten nach der ersten gemacht, und da nach Coulomb's Bestimmung die elektrische Spannung um $\frac{1}{40}$ in jeder Minute abnahm, so mufste mit Rücksicht auf diesen Verlust die letzte Schwingungszeit von 15 Oscillationen 57 Secunden betragen, welches von der Beobachtung nicht merklich abweicht.

Versuche mit der Drehwaage sind seit Coulomb nur sehr wenige angestellt, oder die Physiker haben sie nicht bekannt gemacht, entweder weil sie gleiche Resultate erhielten, als jener, oder bei der Schwierigkeit der Handhabung dieses Apparates den Erfinder desselben an Genauigkeit nicht zu übertreffen hofften. Parrot[1] unter andern versichert das angegebene Gesetz bei Versuchen mit der Drehwaage bestätigt gefunden zu haben, zugleich aber konnte er nie die durch Coulomb erhaltene

1 G. LX. 22.

genaue Uebereinstimmung der einzelnen Beobachtungen mit demselben erreichen, sondern die Fehler stiegen zuweilen bis auf $\frac{1}{8}$ des Ganzen. J. T. Mayer[1] wirft dem Apparate überhaupt Ungenauigkeit wegen der Zerstreuung der Elektricität während der Versuche vor, welche indefs bei demselben wegen der umgebenden Glaswände und des Gebundenseyns der Elektricität an Kugeln auf alle Fälle geringer seyn mufs, als bei den meisten, wo nicht allen andern Elektrometern. Unverkennbare Schwierigkeiten liegen offenbar in der Schnelligkeit, womit diese Versuche, wie alle elektrometrischen, angestellt werden müssen, und in der Anziehung, welche die Wände des Gehäuses gegen die Kugel des Waagebalkens ausüben, und deren Einfluſs nicht füglich anders als durch eine Erweiterung dieses Gehäuses wo nicht aufgehoben doch bedeutend vermindert werden kann.

Insbesondere sind die Coulombschen Versuche zur Prüfung des durch dieselben aufgefundenen Gesetzes wiederholt durch L. F. Kämtz[2]. Die von ihm gebrauchte Waage bestand aus einem mit Gummi-Lack überzogenen Glasstabe an einem nürnberger Goldhaardrahte aufgehangen, an dessen Enden kleine Kugeln von Messing oder kleine Scheiben von Blattzinn befestigt waren. Aus einer sehr grofsen Reihe von Versuchen ergab sich als mittlerer Exponent des verkehrten Verhältnisses der Abstofsungen zu den Entfernungen = 1,237. Dafs dieses Gesetz aus den Versuchen eines genau experimentirenden, und die erhaltenen Gröfsen richtig berechnenden, Physikers wirklich gefunden sey, leidet wohl keinen Zweifel, allein zugleich wäre auch auf keine Weise begreiflich, mit welcher Theorie der Verbreitung der elektrischen Materie über die leitenden Körper dasselbe verträglich seyn sollte. Inzwischen weifs ich aus Privatmittheilungen, dafs die gebrauchte Drehwaage, deren Dimensionen nicht näher angegeben sind, nur klein war. So wie aber dieses Instrument überhaupt blofs dann zuverlässige Resultate gewährt, wenn der Waagebalken und der tragende Draht hinlänglich lang sind, so ist auch insbesondere in dem Falle, wenn dieses nicht statt findet, der Einfluſs der Wände so bedeutend, dafs Beobachtungsfehler auch bei der gröfsten Vorsicht unver-

1 Comment. Soc. Reg. Gott. Rec. T. V. Gott. 1823. p. 95.

2 Diss. de legg. Repuls. el. math. p. 5 ff.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

meidlich sind. Man darf daher wohl mit Recht diese Versuche den Coulombschen um so mehr nachsetzen, als das aus den letzteren erhaltene Gesetz mit der Theorie vollkommen übereinstimmt.

2. Messung vermittelst horizontaler Pendel.

Den Versuchen mit der Drehwaage am nächsten kommen die mit Pendeln, welche auf einem feinen Stifte balancirt sind, und an deren Enden sich Kugeln befinden, welche von andern elektrisirten Kugeln angezogen und abgestofsen werden. So viel ich weifs haben nur zwei Physiker auf diese Weise das Gesetz der elektrischen Abstofsung zu erforschen gesucht, und beide haben die erhaltenen Resultate auf eine verschiedene Weise berechnet, wie einzeln angegeben werden soll. Beide bedienten sich dabei zweier Zambonischer Säulen, deren Pole das horizontale Pendel abwechselnd anzogen und abstiefsen. Es lassen sich aber gegen diese Beobachtungsart im Allgemeinen mehrere gegründete Einwendungen aufstellen, welche evident beweisen, dafs auf diesem Wege das gesuchte Gesetz keineswegs mit genügender Schärfe erhalten werden kann[1]. Zuvörderst haben schon die Versuche mit magnetischen Declinationsnadeln gezeigt, dafs die auf einer noch so feinen Spitze balancirten Hebel eine zu grofse Reibung erleiden, als dafs man diese gehörig in Rechnung bringen könnte. Zweitens wird vorausgesetzt, dafs die Knöpfchen im Augenblicke der Berührung wieder abgestofsen werden, allein dieses geschieht erst, nachdem sie alle $\pm$ Elektricität abgegeben, und dagegen $\mp$ E. angenommen haben. Drittens wird die elektrische Kraft in beiden Säulen gleich stark angenommen, und mufs dieses seyn, wenn regelmäfsige vollständige Neutralisirung und Ladung statt finden soll; allein die hierbei vorausgesetzte Bedingung findet selten oder nie vollständig statt. Viertens nimmt man an, dafs der Knopf jeder Säule bei der Berührung vollständig und mit dem andern gleich stark geladen sey; allein die Herstellung der elektrischen Ladung bei diesen Säulen hängt bekanntlich von verschiedenen Bedingungen ab, weswegen auch unveränderliche Pendel in ungleichen Zeiten zwischen ihnen schwingen. Fünftens liegt der Punct, von welchem die anziehenden und ab-

1 Vergl. Egen a. a. O. p. 217.

stofsenden Kräfte ausgehen, nach dem, was oben hierüber beigebracht ist, nicht im Mittelpuncte der Kugeln, wie bei der Berechnung angenommen wird, wenn sie nicht allzu verwickelt werden sollen. Sind nämlich Kugeln von gleichnamiger Elektricität mit einander in unmittelbarer Berührung, so ist wegen der gegenseitigen Repulsion beider Elektricitäten im Puncte ihrer gemeinschaftlichen Berührung nach Coulomb's und Mahon's[1] Versuchen und Poisson's Demonstrationen die Elektricität = 0, der Mittelpunct ihrer beiderseitigen Spannungen rückt dem Centro jeder Kugel näher, so wie sie sich von einander entfernen, und fällt bei gehöriger Entfernung in das Centrum derselben, ist also beweglich, worüber unmöglich Rechnung gehalten werden kann. Sechstens gerathen solche Pendel durch das Anstofsen an die Kugel in gewisse Schwingungen einer durch ihren Schwerpunct gezogenen horizontalen Linie um den Unterstützungspunct nach Art des Zitterns der auf gleiche Weise balancirten Magnetnadeln, welche die eigentlichen Oscillationen ausnehmend stören. Parrot's Apparat habe ich zwar weder versucht, noch auch überhaupt gesehen, die durch v. Yelin construirte Libelle aber ist ein solches beberiges Ding, dafs es den Physiker mit Grauen erfüllen mufs, wenn er unbefangen an das Unternehmen geht, mit demselben ein physicalisches Gesetz zu begründen, und Boeckmann äufserte daher mündlich gegen mich, es sey unmöglich, damit nur genäherte Resultate zu erhalten. Egen nennt es daher mit Recht ein verkehrtes Bemühen, aus so complicirten Erscheinungen ein einfaches Naturgesetz auffinden zu wollen.

Fig. 151. Parrot's Apparat[2] bestand aus einem messingenen Balancier AB mit messingnen Knöpfchen von 3 Par. Lin. Durchmesser an den Enden[3]. D und F sind die Kugeln von zwei gleichen Zambonischen Säulen, welche gleich stark angenommen werden, so dafs also die eine fortdauernd mit positiver, die andere mit negativer Elektricität von unveränderter Spannung geladen ist. Die Spitze, worauf der Balancier bei C ruhete, war vollkommen isolirt, so dafs also das nach der Berührung der Ku-

---

1 S. unten.

2 G. LX. 26. Entretiens sur la Physique. Dorpat 1822. 8. V. 79.

3 Die Versuche, wobei diese Knöpfchen fehlten, und die Spitzen angezogen wurden, übergehe ich.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

gel D mit gleichartiger Elektricität geladene Knöpfchen A diese auch an B mittheilte, und dieses also von F angezogen wurde, während es selbst Zurückstofsung durch D erlitt. Bei zunehmender Entfernung wurden die hierdurch erzeugten Schwingungen langsamer, und aus den hiernach gemessenen Zeiten folgert Parrot, dafs das Gesetz einer im einfachen Verhältnifs der Abstände abnehmenden Anziehung mit den Resultaten dieser Versuche besser übereinkomme, als das Coulombsche. Die Gründe seiner Berechnungen will ich keiner näheren Beurtheilung unterwerfen. Wenn man indefs davon abstrahirt, dafs der Abstand eigentlich vom Mittelpuncte beider sich berührender Kugeln anzunehmen wäre, welches aber bei der geringen Entfernung aus den oben angegebenen Gründen, die Vertheilung der Elektricität über die Kugeloberflächen betreffend, nicht füglich angeht, dann aus den für gleiche Zeiten angegebenen Schwingungen die Zeitdauer einer jederzeit gleichen Anzahl von Schwingungen sucht, und die auf solche Weise erhaltenen Werthe nach der oben angegebenen Formel für die durch Coulomb angestellten Versuche berechnet, wonach für das umgekehrte quadratische Verhältnifs der Abstofsung die Schwingungszeiten den Abständen proportional seyn müssen, so erhält man folgende einander zugehörige Werthe:

Abstand der Kugeln	Zeitdauer von 18 Schwingungen		
		berechnet	
	beobachtet	A	B
2 par. Lin.	12,7 Sec.	12,7 Sec.	12,7
4 — —	24,5 —	25,4 —	25,4
6 — —	34,8 —	38,1 —	36,0
8 — —	46,9 —	50,8 —	46,6
10 — —	60,0 —	63,5 —	58,8

Bei der Berechnung unter A ist das einmal erhaltene Verhältnifs stets beibehalten, also $2 : 4 : 6 \ldots = 12{,}7 : 24{,}4 : 38{,}1 \ldots$, bei der unter B sind allezeit die durch die Versuche erhaltenen Werthe genommen, also z. B. $6 : 8 = 34{,}8 : x$. Die Differenzen der Rechnung und Beobachtung sind so grofs nicht, um mit dem Gesetze des quadratischen Verhältnisses der Abstofsung unvereinbar zu seyn, allein die Versuche bleiben immer zu mangelhaft, als dafs sie zum Beweise desselben dienen könnten.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Von Yelin[1] fand bei seinen Versuchen weder das Gesetz der im einfachen noch im quadratischen Verhältnisse abnehmenden Kraft der Abstofsung, sondern erhielt für dasselbe eine Curve von der 5ten Ordnung. Seine Berechnung ist sehr weitläufig, allein Brandes[2] hat nachher gezeigt, dafs dieselbe unzulässig sey, und nach einer anderen, welche letzterer selbst mittheilt, sind die Resultate unter sich selbst so unvereinbar, dafs man nicht hoffen darf, durch sie der gesuchten Wahrheit näher zu kommen, weswegen mir eine weitere Betrachtung derselben überflüssig scheint.

3. Elektrometrie durch unmittelbare Wägung.

Unter die am meisten geachteten und mit Recht zu schäzzenden Versuche zur Bestimmung des Verhältnisses der Entfernung und der Stärke der elektrischen Abstofsung gehören diejenigen, worin die letztere unmittelbar durch zugelegte Gewichtstücke gemessen wird. Solche sind die unlängst bekannten von Simon, und die neuerdings zur Prüfung derselben von Egen angestellten. Beide bedienten sich dazu einer sehr feinen Waage von möglichst isolirenden Substanzen, und eigends für diese verfertigter Gewichtstheilchen. Simon[3] verfertigte aus den feinsten Glasstäbchen, die er an einer Lampe so gerade wie möglich auszog, und ausgesuchte gleiche Stückchen an einander schmolz, einen zarten Waagebalken g b, über welchem er in der Mitte eine höchst feine Axe bei a anklebte, und unterhalb einen Zeiger a h anschmelzte. Die genaue rechtwinkliche Richtung der Zunge und des Waagebalkens gegen einander wurde vermittelst eines Bretes, auf welchem zwei Linien rechtwinklich auf einander gezogen waren, erhalten. Um das Gewicht der Zunge zu compensiren, wurde oberhalb derselben ein Stängelchen von Glas mit dem Metallknopfe p befestigt[4]. Der

Fig. 152.

---

1 Versuche und Beobachtungen zur näheren Kenntnifs der Zambonischen trockenen Säule u. s. w. München 1820. 4.

2 Schweigg. J. N. R. V. 45.

3 G. XXVIII. 277. Ein Mangel des Simon'schen Apparates liegt wohl darin, dafs er blofs auf vollständige Isolirung bedacht war. Egen's Apparat ist daher ungleich besser.

4 In der Figur ist der vordere Theil der gekrümmten Glasröhre,

Träger des Waagebalkens bestand aus einem gekrümmten Glasstabe CD, welcher unterhalb in einen hölzernen Fufs gekittet wurde, oberhalb aber die Pfannen für die Zapfen des Waagebalkens und in der Mitte den Gradbogen EF trug. Damit der Waagebalken einen hohen Grad der Beweglichkeit erhielte, liefs Simon die Axe desselben auf den beiden, an dem gekrümmten Glasstabe festgeklebten, und oben mit scharfen Schneiden zugeschärften, Stücken Gummilack b, c ruhen, und an dem Ende g desselben befand sich das horizontale Querstäbchen ed, um die nachher zu erwähnenden, aus feinen gebogenen Drahtenden bestehenden, Gewichttheilchen daran zu hängen. Als Gegengewicht diente diesem die Kugel von Hollundermark b, welche 0,4 Z. im Durchmesser haltend am andern Ende so aufgesteckt wurde, dafs ihr Centrum von der Mitte des Wagebalkens gleichweit abstand, als das Stängelchen ed am andern Ende, wonach also der vorher schon balancirte Waagebalken auf die Schneiden von Gummilack gelegt mit seiner Zunge genau auf 0° der Theilung einspielte. Es waren übrigens die Dimensionen dieses Apparates in rheinländischen Zollen: die Länge des Waagebalkens 8 Z.; die Stärke desselben an den Enden 0,02 Z., in der Mitte 0,04 Z.; die Stärke der Axen 0,005 Z.; die Länge der Zunge 4 Z.; die Stärke derselben oberhalb 0,02, unten 0,01 Z.; die ganze Länge der Tragstange 12 Z. Die Gewichte bestanden aus kleinen Ringen von feinem Drahte. Indem aber 0,1 Gran einen Ausschlag von 25 Graden der Theilung gab, also 0,01 Gran 2,5 Grade, von denen jeder $\frac{5}{6}$ Lin. grofs war, und wovon 0,25 noch genau genug geschätzt werden konnten, so betrug die Empfindlichkeit der Waage 0,001 Gran. Endlich gehörte zu diesem Apparate noch der Stab AB mit dem Schieber cd, an welchem eine Kugel e von gleicher Gröfse und Beschaffenheit als die beschriebene b an dem Glasstäbchen f befestigt war. Der Träger AB selbst war ein calibrirter Glasstab, 0,3 Z. stark, der Schieber cd eine mit Sammet gefütterte Glasröhre, welche beim Verschieben durch ihre Reibung an jeder Stelle festblieb, und das 3 Zoll lange Glasstäbchen f war mit Gummilack, eben wie der Waagebalken, zu besserer Isolirung überzogen.

Fig. 153. Fig. 154. Fig. 152.

Simon stellte seine Versuche auf die Weise an, dafs er

---

sammt der Unterlage des Zapfens weggeschnitten, damit man auch hier dieses Knöpfchen sieht.

den beiden Kugeln, wenn sie sich (scheinbar) völlig berührten, und die Zunge des Waagebalkens auf 0° stand, Elektricität mittheilte, worauf sie sich von einander entfernten. Vorläufige Versuche ergaben dann, dafs die Grade, welche die Zunge zeigte, also auch der Abstand der Kugeln sich während 7 Minuten nicht merklich änderte, so dafs also füglich jeder Versuch ohne eine mefsbare Zerstreuung der Elektricität beendigt werden konnte. War dann der Ausschlag der Zunge gemessen, so wurden am andern Ende des Waagebalkens Gewichttheilchen angehängt, wodurch die Kugeln einander näher kamen, und ihre vergröfserte Repulsion mufste also nicht blofs den Ausschlag des Waagebalkens, sondern auch das vermehrte Gewicht desselben überwinden, so dafs sich hieraus die Vermehrung der Repulsion finden liefs. Hierbei müfsten eigentlich die Entfernungen der beiden Kugeln, oder welches einerlei ist, die Grade, welche die Spitze der Zunge des Waagebalkens durchlief, nach dem Sinus des Winkels gemessen werden; allein es ist oben unter 1, bei der Berechnung der Coulombschen Versuche gezeigt, dafs man bis 36° die Bogen dreist statt der Sehnen, also für 15° die Bogen statt der Sinus nehmen kann. Beträgt dann der Abstofsungswinkel anfangs a Grade, nach dem Aufhängen von c Gewichttheilchen (deren jedes $\frac{1}{2\frac{1}{5}0}$ Gran betragen mufs, weil einem solchen Gewichte nach der oben angegebenen Untersuchung 1 Grad des Index zugehörte) aber b, so ist nach dem Coulombschen Gesetze des umgekehrten quadratischen Verhältnisses der Abstände, insofern die Entfernungen der Kugeln gleichfalls durch die Grade des Index gemessen werden,

$$a : b + c = b^2 : a^2.$$

Die Zunge des Waagebalkens zeigte nach Mittheilung der Elektricität auf 10 Grade. Simon hing, um sie auf 5° zurückzubringen, 35 Gewichttheilchen an, weil $10 : 5 + 35 = 5^2 : 10^2$ fand aber dafs hierdurch die Kugeln wieder zur Berührung gebracht wurden. Diese Erscheinung, welche nach mehrmaliger Wiederholung Simon bewog, das Coulombsche Gesetz für unrichtig zu halten, und zu dem des umgekehrten einfachen Verhältnisses der Entfernungen überzugehen, erklärt sich sehr einfach aus der Vertheilung der Elektricität über die Kugeln. Indem nämlich der Hebelarm des Waagebalkens eine gleiche Länge hatte, als die Zunge desselben, so gaben die Grade, deren jeder $\frac{5}{6}$ Lin. betrug, zugleich den absoluten Abstand beider Ku-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

geln = $4\frac{1}{6}$ Linien. Die Summe ihrer gemeinschaftlichen Halbmesser betrug aber 4,8 Linien, und war also gröfser, als ihr Abstand, die Mittelpuncte ihrer elektrischen Wirkungssphären mufsten also über ihre geometrischen Mittelpuncte hinausgerückt werden, und indem dieses bei zunehmender Annäherung stets mehr geschah, so mufsten sie endlich zur Berührung kommen. Simon fand nachher durch mühsame Versuche, dafs für $c = 15$ die Entfernung auf die Hälfte herabkam, welches dann nach der Formel

$$10 : 5 + 15 = b^x : a^x$$

den Exponenten $x = 1$ giebt, also den Beweis enthält, dafs die elektrischen Repulsionen im einfachen Verhältnisse der Entfernungen abnehmen. Weil es aber zu viele Zeit raubte, die Entfernungen jedesmal auf die Hälfte herabzubringen, so elektrisirte Simon die Kugeln mit verschiedener Intensität, bemerkte die Abstofsung, hing willkürliche Gewichte an das andere Ende des Waagebalkens, bemerkte die Grade der Abstofsung, welche die Spitze der Zunge dann zeigte, und berechnete hiernach das fragliche Gesetz. Unter 20 Versuchen jedoch, welche nach der Hypothese des einfachen Verhältnisses der Abstofsung berechnet sind, giebt nur einer gar keine Differenz zwischen der Beobachtung und Rechnung, zwei geben positive, 17 dagegen negative Differenzen, unter denen einige sehr bedeutend sind, so dafs also auch nach diesen Versuchen, wenn sie auf die angegebene fehlerhafte Weise berechnet werden, das aufgestellte Gesetz als nicht genau richtig erscheinen mufs.

Simon bemerkte schon bei der Anstellung seiner Versuche, dafs die wirklichen Entfernungen der Kugeln von einander geringer wurden als die berechneten, wenn dieselben durch aufgelegte Gewichte in gröfsere Nähe kamen. So hätten sie durch 21 Gewichttheilchen auf einen Abstand von 4 Graden kommen müssen, gingen aber 3,5 Grade herab, welches also einen Unterschied von 0°,5 oder fast eine halbe Linie gab. Er selbst leitete dieses von einem Zurückdrängen der Elektricität über die Nichtleiter ab, Gilbert aber richtiger von einer Entfernung der Mittelpuncte ihrer Wirkungssphären. Als letzterer dieses dem ersteren angegeben hatte, gestand auch dieser die Richtigkeit dieser Ansicht zu, versicherte aber, dafs aus diesem Grunde kleinere Kugeln und noch mehr blofse Scheiben genauere Resultate gäben, beide von ihm zu Versuchen benutzt wären, und

dann um so bestimmter das von ihm aufgefundene Gesetz bestätigt hätten. Hiernach urtheilte also GILBERT, und so mufsten auch die übrigen Physiker annehmen, dafs ein auf so einfachem Wege durch unzweideutige Versuche gefundenes Gesetz das richtige sey. Merkwürdig ist es dabei, dafs GILBERT durch die angegebenen Betrachtungen nicht auf den Gedanken kam, es müsse die Entfernung überhaupt nicht nach dem Abstande der Oberflächen der Kugeln, sondern ihrer Mittelpuncte berechnet werden, welche zugleich die Centra ihrer elektrischen Wirkungssphären seyen, um so mehr, als COULOMB schon auf diese Weise seine Messungen angestellt hatte. Ich gestehe gern, dafs mir früher dieser Einwurf nicht in den Sinn gekommen ist, weil ich Versuche nicht nochmals prüfen zu müssen glaubte, welche durch so gewiegte Physiker bewährt gefunden waren, und so mag es vielen andern gleichfalls ergangen seyn.

Um so verdienstlicher ist es, dafs EGEN[1] nicht blofs diesen Fehler aufgedeckt, sondern auch mit Rücksicht auf denselben die sämmtlichen Beobachtungen von Neuem berechnet hat. Die Summe der Halbmesser beider Kugeln betrug 0,4 Z., also $4{,}8 \times \frac{c}{3} = 5{,}76$ oder in runder Zahl 5,8 Grade, und diesemnach die Abstände a + 5,8 und b + 5,8 Grade. Bleibt aber der Exponent des umgekehrten Verhältnisses der Abstände vorläufig unbestimmt, so ist

$$(a + 5{,}8)^x : (b + 5{,}8)^x = b + c : a$$

woraus

$$x = \frac{\log.\,(b + c) - \log.\,a}{\log.\,(a + 5{,}8) - \log.\,(b + 5{,}8)}$$

Hiernach hat EGEN die Simon'schen Versuche berechnet, und die folgenden Werthe für x erhalten, wobei die letzte Columne unter Δ angiebt, um wieviel b vergröfsert werden mufs, damit $x = 2$ werde.

---

1 a. a. O.

No.	a	b	c	x	Δ
1	11°,5	7°,5	10	1,6	0°,7
2	15,0	9,5	15	1,6	0,9
3	13,25	7,5	15	1,5	1,3
4	11,0	6,0	14	1,7	0,7
5	13,5	7,5	15	1,4	1,6
6	7,25	3,75	10	2,0	0,0
7	16,0	9,0	20	1,6	1,4
8	8,0	3,5	10	1,2	1,3
9	13,75	6,0	25	1,6	1,2
10	15,0	6,5	25	1,7	0,7
11	10,0	5,0	15	1,8	0,4
12	11,25	5,0	20	1,8	0,6
13	12,5	4,5	30	1,7	0,7
14	8,25	2,75	20	2,0	0,0
15	7,75	2,5	15	1,7	0,7
16	12,5	3,5	35	1,7	1,1
17	11,25	3,0	35	1,8	0,5
18	6,75	1,0	15	1,4	1,3
19	11,75	1,5	45	1,6	1,6
20	7,75	0,5	20	1,3	2,0

Die erhaltenen Werthe von x zeigen, dafs die Versuche mit dem Coulomb'schen Gesetze keineswegs im Widerspruche sind, vielmehr dasselbe bestätigen, auch geht die Genauigkeit des Beobachters daraus hervor, dafs der Theorie gemäfs die Werthe von Δ soviel gröfser sind, je weiter die beiden Ausschläge der Waage aus einander liegen, und je näher die Kugeln nach aufgelegten Gewichten einander kommen. Eine zweite Reihe von 18 Versuchen, welche Simon angestellt, und Egen gleichfalls nach der angegebenen Formel berechnet hat, giebt noch genauere Uebereinstimmung mit dem Coulomb'schen Gesetze. Die übrigen, zu derselben Reihe gehörigen 15 Versuche geben allerdings gröfsere Abweichungen, allein sie sind auch den angegebenen Fehlern am meisten unterliegend, weil die anfängliche Entfernung bei allen 15 Grade betrug. Die ersten 18 dagegen geben folgende Werthe:

No.	a	b	c	x	Δ
1	10°	9°	2,1	1,6	0°,2
2	10	8	4,5	1,6	,3
3	10	7	7,3	1,7	0,4
4	10	6	10,6	1,7	0,5
5	10	5	15,0	1,8	0,4
6	10	3,5	21,0	1,7	0,8
7	10	1,75	30,3	1,6	1,3
8	10	0,0	48,0	1,6	1,4
9	12	11	2,0	1,4	0,3
10	12	10	4,4	1,5	0,4
11	12	9	7,0	1,6	0,6
12	12	8	10,0	1,6	0,7
13	12	7	13,5	1,6	0,8
14	12	6	18,0	1,7	0,8
15	12	5	23,8	1,8	0,7
16	12	3,5	32,0	1,7	1,0
17	12	1,75	45,0	1,6	1,4
18	12	0,0	70,0	1,6	1,6

Sollten die sämmtlichen Versuche mit dem von Simon aufgestellten Gesetze in Uebereinstimmung gebracht werden, so erforderte b bei allen eine Verminderung von etwa 3 Graden, welche anzunehmen nirgend ein wahrscheinlicher Grund vorhanden ist.

Egen verfertigte sich zur Controlirung der Simon'schen Versuche und weiterer Prüfung des Coulomb'schen Gesetzes eine ähnliche Waage, als diejenige war, deren sich Simon bedient hat. Der eine Arm des Waagebalkens bestand aus Messingdraht, um den Schwerpunct willkürlich verändern zu können, der andere aus Gummi-Lack, jeder 3,5 rheinl. Decimalzolle lang. Als Axe dienten zwei feine Nähnadelspitzen, welche vermittelst etwas Gummi-Lack an den Waagebalken gekittet wurden, und auf Achatplatten sich leicht bewegten. An dem Arme von Gummilack befand sich eine Korkkugel 0,335 Dec. Zoll im Durchmesser haltend, am andern der kleine Draht zum Tragen der Gewicht-Ringe, und so wog er 1,522 Gramm. Die Ausschläge der Waage mafs Egen an einer verticalen Eintheilung, wovon jeder Theil 0,05 Decimalzoll betrug. Hiervon konnte der vierte Theil geschätzt werden, welcher 0,00001 Gramm zu

gehörte, so dafs also diese Waage über 5 mal empfindlicher war als die Simon'sche, aber dennoch durch die feinste Coulomb'sche 24 mal, und durch die 16 mal weniger empfindliche $\frac{3}{4}$ mal übertroffen wurde. Ein zur Waage gehöriger Stab trug eine vierkantige Messingstange, auf welcher ein Schieber sanft auf und ab bewegt werden konnte. An diesem Schieber war ein 4 Dec. Zolle langer Arm von Gummi-Lack befestigt, und an dessen Ende eine Korkkugel gleichfalls von 0,335 Dec. Zoll Durchmesser. Die Gewichttheilchen bestanden aus Drahtstücken von einer besponnenen Guitarresaite, 0,034 Dec. Zoll lang, und gaben jeder im Mittel 1,7 Theile des getheilten Mafses Ausschlag. Weil aber letzterer nicht constant war, so wurde er jederzeit nach 4 bis 5 Versuchen aufs Neue geprüft.

Beim Experimentiren stand die Waage in einem Glaskasten. Nachdem sie zur Ruhe gekommen war, wurde ihr Stand abgelesen, die Kugel am Schieber mit ihr seitwärts in gleiche Höhe gebracht, der Stand des Schiebers genau bezeichnet, dann in die Höhe gerückt, seine Kugel genau lothrecht über die des Waagebalkens gebracht, und die Entfernung beider von einander bemerkt. Beide Kugeln wurden dann gleichnamig elektrisirt, und das andere Ende des Waagebalkens mit so viel Gewichten beschwert, bis der vorige Stand ohngefähr wieder hergestellt war. Dann wurde die Kugel des Schiebers um eine bekannte Gröfse erniedrigt, die Menge der Gewichtstücke vermehrt, bis der Waagebalken ohngefähr wieder auf seinen vorigen Stand zurückgekommen war, in beiden Fällen wurde der Stand des Waagebalkens genau abgelesen, wodurch also beide Abstände und beide Belastungen gegeben waren. Jeder Versuch dauerte etwa 20 Minuten, zwischen dem ersten und zweiten Einspielen der Waage vergingen aber höchstens 2 Minuten, und da die Elektricität sich binnen 5 Minuten nicht merklich zerstreuete, so können sonach die erhaltenen Werthe für hinlänglich genau gelten. Von allen mifslangen nur 3, mitgetheilt hat Egen aber nur die bei gröfseren Entfernungen der Kugeln angestellten. Die ersten 11 Versuche wurden mit schwacher, die folgenden 4 mit stärkerer und die letzten 5 mit noch stärkerer Elektricität gemacht. Egen hat in der sechsten Columne die Correction der ersten Belastung angebracht, welche erforderlich gewesen wäre, um das Coulomb'sche Gesetz genau zu geben. Er bemerkt hierbei, dafs diese Correctionen zuerst die Beobachtungsfehler der beiden Ent-

fernungen und Belastungen enthalten, dann die Gröfse, um welche auch hierbei die Mittelpuncte der elektrischen Repulsion über die geometrischen Mittelpuncte der Kugeln hinausgerückt wurden, und wenn man dann bedenkt, dafs 0,1 eines Gewichttheilchens aus einem Drahtstückchen besteht, welches mit bloſsen Augen nur auf hellem Grunde noch sichtbar ist, dafs ferner das Ansetzen von einigen Sonnenstäubchen, die Veränderung der Temperatur und des Feuchtigkeitszustandes der Luft das Gleichgewicht der Waage stören mufsten, so wird man nicht bloſs die Genauigkeit der Versuche zu schätzen wissen, sondern auch gestehen müssen, dafs diese mit unter die feinsten gehören, welche die physikalische Literatur aufzuweisen hat.

Die folgende Tabelle giebt die Uebersicht derselben, wobei die Entfernungen in Theilen angegeben sind, deren 200 auf einen rheinl. Decimalzoll gehen, die Belastungen aber in den angegebenen Gewichttheilen, wovon 8,4=0,001 Gramm betragen.

No.	Erste Entf.	Zweite Entf.	Erste Belastung	Zweite Belastung	Correct. der ersten Belastung	x
1	276	211	0,9	1,3	−0,03	1,4
2	263	204	0,9	1,4	−0,1	1,7
3	256	189	1,2	1,8	−0,2	1,4
4	263	220	1,8	2,7	+0,1	2,3
5	267	201	2,8	5,8	+0,4	2,5
6	207	123	2,5	7,1	0,0	2,0
7	243	156	2,6	6,3	0,0	2,0
8	313	173	2,6	7,3	−0,4	1,8
9	298	175	2,6	8,3	+0,3	2,2
10	312	151	2,6	10,7	−0,1	2,0
11	251	163	2,7	6,6	0,0	2,0
12	326	231	3,0	6,5	+0,2	2,2
13	226	151	4,6	9,1	−0,5	1,7
14	220	148	6,2	12,9	−0,3	1,9
15	271	173	7,3	16,2	−0,5	1,9
16	209	159	10,0	16,1	−0,5	1,8
17	217	159	10,9	20,9	0,0	2,0
18	228	187	11,4	16,4	−0,5	1,9
19	209	159	12,6	21,9	0,0	2,0
20	239	133	13,0	40,5	−0,3	1,9

Der mittlere Exponent für die ersten 11 Versuche beträgt 1,94, für die zweiten 4 aber 1,92 und für die letzten 5 gleichfalls

1,92. Egen meint, es komme auch hierbei noch stets der Einfluſs der ungleichen Vertheilung der Elektricität über die Oberfläche der Kugeln in Betrachtung, und man könne überhaupt die äuſsern Einflüsse bei diesen Waagen weniger vermeiden, auch ihre Feinheit nicht so gut vergröſsern, als bei der Coulomb'schen Drehwaage. Allein die Schwierigkeiten und Störungen sind wohl bei beiden Apparaten gleich groſs, und überhaupt ist Egen dem Exponenten des Verhältnisses der Abstoſsung eben so nahe gekommen als Coulomb. Daſs er nicht wirklich 2 als mittleres Resultat erhalten hat, liegt daran, daſs sich doch stets ein Theil, wenn auch nur ein geringer, der Elektricität zerstreuet. In allen Versuchen ist a zuerst und b zuletzt gemessen. Würden einmal 20 Versuche in umgekehrter Ordnung angestellt; so würde wahrscheinlich b um so viel gröſser und a um so viel kleiner werden, daſs hiernach der mittlere Exponent eben so viel gröſser als 2 würde, als er hier kleiner ist.

4. Elektrometrie durch die Elongationswinkel lothrecht herabhängender Pendel.

Auf diese Weise sind die ersten, und seitdem auch die meisten elektrometrischen Versuche angestellt, ohne daſs jedoch die bei weitem gröſste Zahl derselben als nur mehr genügend gelten kann. Fast alle im vorhergehenden Artikel beschriebene Elektrometer beruhen auf dem Grundsatze, daſs die Kraft der elektrischen Abstoſsung durch den Winkel gemessen werden könne, welchen die sich abstoſsenden Körper mit einander bilden, obgleich die meisten derselben nur als Elektroskope zu betrachten, und zu eigentlichen Messungen nicht brauchbar sind. Im Allgemeinen lassen sich indeſs die hierher gehörigen Elektrometer unter zwei Classen bringen, nämlich zuerst diejenigen, bei welchen die Elektricität über die Oberfläche des ganzen elektrometrischen Körpers verbreitet ist, und diejenigen, bei welchen sie bloſs auf der Oberfläche von Kugeln zurückgehalten wird. Eine nähere Betrachtung beider wird ergeben, in wie fern sich nur die letzteren zu einer sicheren und leichten Elektrometrie eignen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

A. Messung mit Elektrometern, bei denen die Elektricität über die ganze Oberfläche der elektrometrischen Körper verbreitet ist.

Unter diese Classe gehören hauptsächlich als eigentliche elektrometrische Versuche diejenigen, welche J. T. Mayer[1] zur Prüfung des Coulomb'schen Gesetzes angestellt hat, und worauf das Publicum wegen der geübten Fertigkeit jenes berühmten Physikers im Experimentiren und seiner Gewandtheit in der genauen Berechnung der erhaltenen Resultate mit Recht ein vorzügliches Gewicht gelegt hat. Der Apparat, dessen sich Mayer bediente, bestand aus dem eigentlichen Elektrometer, Fig. 152. einem sehr dünnen Grashälmchen $\alpha\beta$, 4 Z. lang und nur $\frac{1}{4}$ Gran schwer, welches in der zarten Welle c befestigt, nur in der verticalen Ebene sehr leicht beweglich war, indem die Welle c vermittelst höchst zarter stählerner Axen in den genau polirten Vertiefungen $\nu\nu$ mit verschwindender Reibung gedreht werden konnte. Dieses Hälmchen hing an der messingenen, einige Linien breiten, Stange c d herab, welche durch den rechtwinklich gebogenen isolirenden Glasstab d e f getragen wurde. Mit der messingnen Stange c d in unmittelbarer Berührung war der Messingdraht g k, welcher 0,5 Lin. dick durch die Glasröhre m n ging. Letztere ruhete auf dem lackirten hölzernen Stabe i h, welcher nebst dem Glasstabe d e f in das Bret L N eingelassen war. Ein Bleigewicht C gab diesem hinlängliche Festigkeit, und vermittelst der Schrauben μ, μ, μ, μ konnte es gestellt werden, um der Messingstange c d die genaue lothrechte Richtung zu geben. Durch den Knopf k und die Kette k r stand das Elektrometer mit der 4 bis 5 F. davon entfernten Flasche A in Verbindung, welche durch einen mit einer isolirenden Handhabe versehenen Leiter geladen wurde, und dann eine Abstofsung des Hälmchens $\alpha\beta$ bewirkte. Aus der Gröfse dieses Abstofsungswinkels bei wechselnder Intensität der elektrischen Spannung berechnete dann Mayer das Gesetz der elektrischen Abstofsung nach der Hypothese, dafs die Stärke derselben dem umgekehrten einfachen oder quadratischen Verhältnisse der Entfernung proportional sey.

---

1 Comment. Soc. Reg. Sc. Gott. recent. Vol. V. ad A. 1819—22. p. 91 ff.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Um für diesen Zweck ein bestimmtes Mafs festzusetzen, nahm Mayer als Einheit diejenige Abstofsung an, wenn der Abstofsungswinkel $\beta c d = 90°$ betrug, wodurch manche Gröfsen, namentlich auch das Gewicht des Hälmchens aus den Formeln für die Berechnung wegfallen, und letztere daher geschmeidiger werden. Hatte das Elektrometer diesen Stand erreicht, welcher also die Spannung der Elektricität in der Flasche A als Einheit ausdrückte, und durch γ bezeichnet wird, so wurde vermittelst des isolirten Entladers eine zweite Flasche B von nahe gleich grofser innerer Belegung aus dem Knopfe der ersteren Flasche geladen, unter der Voraussetzung, dafs sich dann die Elektricität in beide Flaschen gleichmäfsig vertheilen müsse, wonach also nur $\frac{1}{2}\gamma$ in der ersteren A zurückblieb. Nachdem darauf B mit gehöriger Vorsicht entladen war, wurde sie abermals an A geladen, und dadurch der in dieser noch vorhandene Rest von $\frac{1}{2}\gamma$ abermals halbirt, und in dieser geometrischen Progression fort, wobei jedesmal der Winkel gemessen wurde, welcher diesemnach einer elektrischen Spannung $= \gamma$; $\frac{1}{2}\gamma$; $\frac{1}{4}\gamma$; ... zugehörte. Letzteres findet jedoch nur unter der Bedingung statt, dafs die Belegung von A der von B ganz gleich ist. Bei den von Mayer gebrauchten Flaschen war dieses nicht der Fall, allein es ergiebt sich bald, dafs dennoch die Werthe von γ leicht gefunden werden können, wenn die Belegung von $A = S$; die von $B = s$ genannt, und dann statt der vorigen Gröfsen die folgenden, nämlich γ; $\frac{S}{S+s}\gamma$; $\left(\frac{S}{S+s}\right)^2\gamma$; $\left(\frac{S}{S+s}\right)^3\gamma$..... in Rechnung genommen werden. Heifst dann allgemein die abstofsende Kraft der Elektricität $\frac{1}{m}\gamma = \gamma'$, und wird für diese und den ihr zukommenden Abstofsungswinkel $= \varphi$ eine Gleichung unter der Voraussetzung gesucht, dafs jeder Punct des Grashälmchens von jedem Puncte des messingenen Stabes c d im umgekehrten quadratischen Verhältnisse der Entfernung abgestofsen werde, oder dafs, die abstofsende Kraft $= p$, die Entfernung $= z$ genannt, $p = \frac{\gamma}{z^2}$ sey, so findet Mayer durch eine vollständige analytische Entwickelung, welche hier in ihrer ganzen Ausdehnung mitzutheilen zu viel Raum erfordern würde, dafs

1. $\frac{\gamma'}{\gamma}$ oder $\frac{1}{m} = \left(\frac{\text{Sin. } 22°,5 \text{ Sin. } \varphi}{\text{Sin. } (45° - \frac{1}{4}\varphi)}\right)^2$

sey, für denjenigen Fall aber, wenn $p = \frac{\gamma}{z}$, oder die Abstofsung dem einfachen Verhältnifs der Entfernung proportional ist, wird

2. $\frac{\gamma'}{\gamma}$ oder $\frac{1}{m} = \frac{\text{Log. } (2 \text{ Sin. } 45°)}{\text{Log. } (2 \text{ Sin. } \frac{1}{2}\varphi) + \beta\,(180° - \varphi) \text{ Cot. } \varphi}$

wobei $\beta = 0{,}00379$ ist, und vorausgesetzt wird, dafs das Grashälmchen β c genau so lang als die Messingstange c d sey. Mayer berechnet dann im Voraus nach beiden Hypothesen diejenigen Spannungen, welche den Abstofsungswinkeln von 5 zu 5 Graden zugehören, und stellt sie in folgender Uebersicht zusammen.

Winkel φ	Spannung nach 1	Spannung nach 2	Winkel φ	Spannung nach 1	Spannung nach 2
5	0,0023	0,0231	50	0,2977	0,4422
10	0,0098	0,0520	55	0,3651	0,5065
15	0,0225	0,0860	60	0,4393	0,5732
20	0,0414	0,1247	65	0,5199	0,6419
25	0,0668	0,1679	70	0,6065	0,7123
30	0,0986	0,2154	75	0,6989	0,7835
35	0,1378	0,2677	80	0,7952	0,8556
40	0,1839	0,3220	85	0,8960	0,9279
45	0,2372	0,3805	90	1,0000	1,0000

Um die Nähe eines nach Graden getheilten Quadranten und zugleich die des Beobachters selbst zu vermeiden, stellte Mayer eine Tafel mit ihrer Ebene derjenigen Ebene parallel, in welcher sich das Grashälmchen bewegte, in einen Abstand von 4 bis 5 Fufs hinter diese, trug mit einem Radius von 2 Fufs einen in Grade getheilten Quadranten auf jene Tafel, brachte das Auge in die gehörige Entfernung, und projicirte die Winkel des Grashälmchens mit der Stange c d auf die Theilung der Tafel, um sie auf diese Weise ohne die sonst unvermeidliche Störung vermittelst einer Lorgnette abzulesen.

Weil bei jeder Entladung der Flasche A auf die mitgetheilte Ladung der Drähte Rücksicht genommen werden mufste, so wählte Mayer, um die letztere Gröfse verschwinden zu machen, grofse Flaschen, deren inwendige Belegung nahe 4 Par.

Quad. Fuſs betrug. Ganz gleiche konnte er indeſs nicht erhalten, fand aber A = 470 Par. Quadratzoll, B = 440. Vorläufige Versuche zeigten, daſs sich der Elongationswinkel des Grashälmchens, während einer ganzen Minute um keine meſsbare Gröſse änderte, und da die Zeit einer ganzen Beobachtung nicht länger als 2 Minuten dauerte, so kann der Einfluſs der Zerstreuung der Elektricität während dieser Zeit füglich vernachlässigt werden. Uebrigens verstattete die Leichtigkeit des Grashälmchens, daſs schon bei mäſsigen Ladungen eine Abstoſsung von 90 Graden erfolgte. Im Mittel aus mehr als 50 Versuchen erhielt Mayer für die elektrischen Abstoſsungskräfte = 1; $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{8}$; $\frac{1}{16}$ die Winkel = 90°; 55°,5; 34°,6; 20°,2; 11°,8. Nimmt man aber bei jenen ersteren Gröſsen auf die ungleichen Belegungen Rücksicht, wonach die Elektricitäten im Verhältniſs von $\frac{S}{S+s} = \frac{47}{91}$ vertheilt wurden, und sucht die zugehörigen Werthe durch eine einfache Interpolation aus den vorstehenden Tabellen, so gehören folgende Werthe zusammen.

Spannung nach der	berechneter Elevationswinkel		beobachteter Winkel
	nach 1	nach 2	
1ste Verth. $= \left(\frac{47}{91}\right)^1 = 0{,}516$	64,6	55,8	55,5
2te Verth. $= \left(\frac{7}{91}\right)^2 = 0{,}266$	47,3	35,0	34,6
3te Verth. $= \left(\frac{47}{91}\right)^3 = 0{,}137$	34,5	21,5	20,2
4te Verth. $= \left(\frac{47}{91}\right)^4 = 0{,}070$	25,1	12,6	11,3

Die Resultate der Versuche stimmen so genau mit der zweiten Hypothese überein, daſs Mayer nicht anstand, dieser beizutreten, und da auſserdem auch die früheren Versuche von Simon diese bestätigten, die von Parrot und von v. Yelin aber dieselbe gleichfalls unterstützten, so war es natürlich, daſs die Physiker im Allgemeinen diese entweder annahmen, oder die Frage mindestens bei so gewiegten widersprechenden Auto-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ritäten als zweifelhaft ansahen. Egen[1] war, so viel ich weifs, der erste, welcher sich entschieden für Coulomb's Hypothese erklärte, und daher gegen die Gültigkeit dieser Versuche einige gegründete Zweifel beibrachte.

1. Mayer habe die Vertheilung der Elektricität im Grashälmchen und im Messingstabe als gleichförmig angenommen, allein Flasche, Zuleitungsdraht und Elektrometer bilde einen so unregelmäfsigen Körper, dafs man hierüber gar nicht entscheiden könne, und eine Berechnung derselben ganz unmöglich sey. Wahrscheinlich werde die Schicht der Elektricität nach den Enden β und d zu dichter, wie dieses bei dünnen Cylindern und schmalen Streifen der Fall sey, allein dieses entscheide noch mehr für die zweite Hypothese, weil bei einer Anhäufung aller Elektricität an diesen Enden die Repulsionskräfte sich nach der ersten Hypothese wie die Cubi der Entfernungen[2], nach der zweiten wie die Quadrate derselben verhalten müfsten, da sie sich den Beobachtungen nach fast wie die einfachen Entfernungen verhielten. Eine Berechnung gab Egen daher unter dieser Voraussetzung nur nahe 0,5 als den Exponenten des Verhältnisses des Abstandes, und er sieht dieses Ganze daher nur als eine Einwendung gegen die Zulässigkeit der Versuche überhaupt an.

Hiergegen läfst sich aber mit Grunde der Zweifel erheben, dafs eben die Versuche die Ungültigkeit dieser Einwendung erwiesen, indem eine Abänderung der Voraussetzung noch weiter vom Coulomb'schen Gesetze entferne. Mir scheint vielmehr nicht sowohl aus der ungleichen Vertheilung der Elektricität in Beziehung auf die Enden des Elektrometers ein Einwurf gegen die Gültigkeit der Versuche zu folgen, indem zwar allerdings die Anhäufung hier gröfser seyn mufste, welches aber bei der Länge des Grashalmes mehr verschwindet, als vielmehr in einer Anhäufung derselben an den Kanten des Messingstabes c d. Es ist in der Abhandlung die Breite und Dicke desselben nicht genau angegeben, auch nicht gesagt, ob die Kanten abgerundet waren oder nicht, und obgleich Letzteres zu vermuthen ist, so kann es doch nicht bedeutend gewesen seyn, da dieser Theil des Elektrometers ein Blech von einigen Linien breit (lamina

1 Poggendorf Annal. V. 285.
2 S. unten B.

metallica, aliquot lineas lata) genannt wird. Die Breite von einigen Linien ist immer nicht unbedeutend gegen den sehr geringen Durchmesser des Grashälmchens, und da sich *an den Kanten* dieses Bleches die Elektricität vorzüglich anhäufen mufste, so wuchs die abstofsende Kraft derselben mit der Gröfse des Winkels φ, wonach die gemessenen Elongationswinkel allerdings kleiner ausfielen, als sie nach der Coulomb'schen Hypothese seyn mufsten[1].

2. Die Vertheilung der Elektricität im Elektrometer ist, wie Egen ganz richtig bemerkt, nicht blofs ungleichförmig, sondern auch mit dem Winkel φ veränderlich. Weil nämlich die Vertheilung von der Form der Oberfläche abhängt, so mufs sie sich mit dieser verändern, also wenn $\alpha\beta$ gegen cd in eine andere Lage kommt, und namentlich mufs die Gröfse der elektrischen Repulsion mit der Verminderung des Winkels φ abnehmen. Liegt nämlich $\alpha\beta$ auf cd, so enthalten beide Körper nicht viel mehr Elektricität, als früher cd allein enthielt, weil die Oberfläche des Bleches durch die des Grashälmchens nur unbedeutend vermehrt wird. So wie aber φ wächst, häuft sich eine bedeutende Menge Elektricität auf $\alpha\beta$ an, und wird insbesondere nach der Spitze β hingedrängt, weswegen die Abstofsungswinkel stets um so kleiner werden, je näher beide einander rücken, und merklich kleiner, als sie bei einer stets gleichen Vertheilung seyn würden.

3. Aus mehreren Gründen, sagt Egen, konnte der Rest der in der Flasche A zurückbleibenden Elektricität geringer werden, als bei der Berechnung vorausgesetzt wird. Die Elektricität vertheilt sich nämlich nicht nach der Oberfläche zweier Leiter, sondern wenn die Leiter ähnliche Körper sind, so erhält der kleinere verhältnifsmäfsig mehr Elektricität, als der gröfsere. Aus diesem Grunde wurde bei jeder Vertheilung mehr als $\frac{47}{91}$ der vorhandenen Elektricität entzogen. Weniger ist der Verlust an Elektricität durch den Entlader und durch die Zerstreuung in die Luft in Anschlag zu bringen.

---

1 Egen a. a. O. p. 88. hat durch Berechnung gefunden, dafs die Breite des Bleches von keinem mefsbaren Einflusse seyn konnte. Dieses ist allerdings richtig, sofern blofs von der Breite desselben die Rede ist. Betrachtet man dasselbe aber als kantig, und die Kanten nicht abgerundet, so ist die gröfsere Dichtigkeit der Elektricität auf diesen Kanten allerdings von einigem Einflusse.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ich gestehe, dafs ich diesem Einwurfe, so wie er hier aufgestellt ist, nicht beitreten kann. Allerdings findet eine den Gröfsen der Oberflächen nicht genau proportionale Vertheilung der Elektricität statt, wenn ungleich grofse leitende Körper mit einander in Berührung kommen, deswegen weil sie sich nach Poisson's und Coulomb's Untersuchungen stärker auf den dünneren Theilen der Leiter anhäuft; allein bei Mayer's Versuchen ist blofs von Oberflächen auf isolirenden Glasscheiben die Rede, und da leidet es wohl keinen Zweifel, dafs bei einer in zwei ungleiche Theile zerschnittenen Belegung die Menge der Elektricität eines jeden der Theile seiner Ausdehnung proportional gefunden werden würde. Die Sache hätte sich leicht controliren lassen, wenn Mayer bei einem oder einigen Versuchen die Flaschen verwechselt, und A mit B vertauscht hätte. Mir scheint indefs die Flasche überhaupt nicht für Versuche dieser Art geeignet zu seyn, weil man von der Stärke, womit sie einen Theil der mitgetheilten Elektricität gebunden hält, nie versichert seyn kann. Ich habe nämlich sehr oft bei einer Flasche mit beweglichen Belegungen (den Wilke'schen Platten) die Erscheinung beobachtet, dafs sie länger als eine Viertelstunde hindurch ganz als Elektrophor wirkte, d. h. dafs nach dem Losschlagen derselben und gleichzeitiger Berührung beider Belegungen mit zwei Fingern der nämlichen Hand die obere isolirt abgehobene Belegung einen merklichen Funken gab, und diesen Versuch habe ich wohl hundertmal nach einander wiederholt, ohne sehr bedeutende Verminderung des Funkens nach dem Aufheben der oberen Belegung[1]. In diesem Falle war also die Spannung der verbundenen Belegungen fast = 0 bei vorhandener starker Elektricität. Wenn man also annimmt, dafs die Flasche A die genannte Eigenschaft gleichfalls gehabt habe, die Flasche B dagegen nicht, so konnte letztere der ersteren die freie Elektricität in einem stärkeren Mafse entziehen, die gebundene aber am Elektrometer gar keine oder nur geringe Spannung zeigen. Dieser Einwurf kommt zum Theil mit demjenigen überein, welchen Egen

4. gegen die angegebenen Versuche geltend macht, nämlich dafs man nicht versichert seyn kann, ob das Glas beider Flaschen gleich dick war. Bezeichnet man bei einem Conden-

1 Vergl. *Elektrophor.*

sator[1] die auf der einen Seite freie Elektricität mit E, die freie und gebundene zusammen mit E', so ist $E : E' = 1 - m^2 : 1$, wobei m anzeigt, welchen Theil von E die auf der entgegengesetzten Seite gebundene Elektricität ausmacht. Der Werth von m hängt bei Flaschen lediglich von der Dicke[2] des Glases ab, und hat auf die Ladung E' einen sehr bedeutenden Einfluſs, so daſs E in zwei Flaschen gleich, E' aber verschieden seyn kann.

Die hier beigebrachten Einwürfe sind allerdings von der Art, daſs sie das Vertrauen zu den angegebenen Versuchen bedeutend schwächen müssen, obgleich die genaue Uebereinstimmung aller mit dem zweiten Gesetze sehr merkwürdig ist. In dem Umstande übrigens, daſs das eigentliche Centrum des elektrischen Wirkungskreises in den Theilen dieses Elektrometers nicht füglich genau bestimmt werden kann, liegt ein Hauptgrund gegen seine Anwendbarkeit zu Messungen; sonst lieſse sich dasselbe gebrauchen, wenn man groſse Kugeln statt der Flaschen anwendete, und mit beiden einen ganz gleichen elektrometrischen Apparat verbände.

Auſser den angegebenen Versuchen sind keine bedeutende, mit Elektrometern von der genannten Art angestellte, bekannt geworden, elektroskopische Beobachtungen dagegen und vergleichende Messungen der Stärke der erhaltenen Elektricität, an dem nämlichen Instrumente gemacht, sind in Menge vorhanden. Als Meſswerkzeuge gehören hierher die gesammten Blattgoldelektrometer, bei denen man jedoch nur im Allgemeinen von einer gröſseren Entfernung eines einzigen Blättchens vom zurückstoſsenden Körper, oder von der gröſseren Divergenz beider Blättchen von einander auf eine gröſsere Stärke der elektrischen Spannung schlieſsen kann. Sollte eine wirkliche Messung damit statt finden, so müſste auſser dem Abstoſsungswinkel noch das Gewicht der Blättchen nebst ihrer Steifheit bekannt seyn, und es müſsten nicht bloſs diese Gröſsen, sondern auch die Breite derselben bei der Auffindung einer Formel zu ihrer Berechnung berücksichtigt werden. Es würde dieses indeſs zu sehr verwickelten Rechnungen führen, und da dieselben auſserdem für jedes einzelne Instrument aufs Neue angestellt werden müſsten,

---

1 Vergl. Th. II. S. 240.

2 Nach meiner Ansicht kommt auch die isolirende Kraft des Glases, und zwar ganz vorzüglich, in Betrachtung.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

so liegen hierin Gründe genug, diese Elektrometer sämmtlich in die Classe blofser Elektroskope zu verweisen, wozu sie allerdings ganz vortrefflich sind, sowohl wegen ihrer Empfindlichkeit, als auch wegen der Leichtigkeit, womit sich durch sie die Art der Elektricität bestimmen läfst. Es ist diesemnach auch überflüssig, diejenigen Versuche näher zu prüfen, welche Parrot theils vermittelst einer in aliquote Theile zerlegten Zamboni'schen Säule, theils durch Vertheilung der Elektricität an Flaschen von verschiedener Gröfse, beidemale mit Anwendung eines Goldblattelektrometers, angestellt hat[1].

Unter diese Classe von elektrometrischen Messungen gehören auch diejenigen, welche mit den zahlreichen und verschiedentlich construirten Grashalmelektrometern angestellt werden. Indem diese Grashälmchen sehr fein, zugleich aber auch von gröfserer Stärke und genau bestimmtem Gewichte leicht zu erhalten sind, so scheinen sie sehr geeignet zu den feinsten bis zu den stärksten elektrometrischen Messungen. Kommt aber die Frage zur Untersuchung, in wie weit sie zu genauen Messungen angewandt werden können, theils um das Gesetz der elektrischen Repulsion zu bestimmen, theils um die absolute abstofsende Kraft einer gegebenen Elektricität zu finden, so zeigen sich gar vielfache Schwierigkeiten, weil die Verbreitung des elektrischen Fluidums über diese Hälmchen nicht genau bekannt ist, wie aus den oben angestellten Betrachtungen hervorgeht. Wenn man indefs diese Elektrometer blofs zu relativen Messungen anwendet, so mufs durch die Stärke der Elektricität das Gewicht der Grashälmchen überwunden werden. Letzteres ist, eine durchaus gleichmäfsige Dicke derselben vorausgesetzt, in ihrer Mitte vereinigt anzunehmen. Das Gewicht also, womit jedes derselben, beide als gleich angenommen, herabzufallen strebt, ist $= \frac{1}{2}$ l. p. Sin. $\frac{1}{2}\varphi$, wenn l die Länge, p das Gewicht und φ den Abstofsungswinkel beider beweglicher Halme bezeichnet. Bleibt hierbei das gebrauchte Elektrometer das nämliche, so ist die abstofsende Kraft der Elektricität dem Sinus des halben Elongationswinkels proportional, sind aber bei verschiedenen Elektrometern die Abstofsungswinkel gleich, so verhält sie sich wie das Product der halben Länge der Hälmchen

1 G. LXI. 274. Vergl. Entretiens sur la Physique par G. F. Parrot. Tom. V. p. 80.

in ihre Gewichte. Im Allgemeinen sind also die elektrischen Kräfte im zusammengesetzten Verhältnisse der Längen, der Gewichte und der Elongationswinkel, und da man statt der Sinusse bei kleinen Bogen die letzteren unmittelbar nehmen kann, so verhalten sich die elektrischen Kräfte bei dem nämlichen Elektrometer wie die Abstofsungswinkel, welches auch Bohnenberger[1] durch Messungen mit Zamboni'schen Säulen von verschiedener Stärke bestätigt gefunden hat. Es versteht sich, dafs das Centrum der elektrischen abstofsenden Kraft hierbei stets sich in gleicher Entfernung befinden mufs.

Unter die Elektrometer der letzteren Art gehört vorzüglich Volta's Strohhalmelektrometer, und es ist auffallend, dafs dieser grofse Physiker mit demselben das Gesetz des einfachen Verhältnisses der Entfernungen bestätigt fand. Seine Versuche ergaben nämlich, dafs der Elongationswinkel der Grashälmchen, welcher bei der Entfernung eines elektrisirten Körpers = 1 gleichfalls als Einheit angenommen wurde, bei einem Abstande desselben = 0,5 sich verdoppelte, bei 0,334 Abstand dreifach war[2] u. s. w., so dafs also die Abstofsungen den Entfernungen im einfachen umgekehrten Verhältnisse proportional waren. Merkwürdig bleibt es hierbei, dafs die Grashälmchen sowohl bei Mayer als auch bei Volta dieses Gesetz so bestimmt bestätigten. Inzwischen glaube ich nicht, dafs auch die Versuche des Letzteren aus den oben angegebenen Gründen als streng beweisen anzusehend sind, und dieses um so weniger, als bei dem von Volta gebrauchten Elektrometer die Abfsofsung durch die Wände des Glases, worin sein Elektrometer eingeschlossen war, ein bedeutendes Hindernifs machen mufste.

B. Messung mit Elektrometern, bei denen die Elektricität in einem Puncte vereinigt angenommen wird.

Unter diese Classe gehören alle diejenigen Elektrometer, bei denen Kugeln an fein isolirenden Fäden hängen. Soll die angegebene Bedingung statt finden, so müssen die Fäden zuerst isolirend seyn, damit nicht auch sie selbst Elektricität anneh-

1 G. LIII. 346.

2 A. Volta's meteorologische Briefe. Aus dem Ital. Leipzig 1793. I. 11 u. 67.

men, und Repulsion ausüben, und zweitens so leicht, dafs man ihr Gewicht gegen das der Kugeln füglich vernachlässigen kann. Endlich dürfen keine anders gestaltete Körper als Kugeln genommen werden, weil sonst die Elektricität ungleich über ihre Oberfläche verbreitet ist, und man das Centrum ihrer Repulsionskraft nicht so leicht bestimmen kann, welches bei Kugeln bekanntlich in ihrem geometrischen Mittelpuncte liegt.

Was für eine Substanz zu den Kugeln genommen werde, ist nicht gleichgültig. Meistens wählt man Kork oder das Mark trockner Hollunderzweige oder der Sonnenblumenstämme. Diese empfehlen sich allerdings sehr durch ihre grofse Leichtigkeit, haben aber den Nachtheil, dafs sie hygroskopisch wirken, wie Egen[1] an den Korkkugeln beobachtet hat, und bei denen von Hollundermark kaum zu bezweifeln ist. Ob sich ferner die Elektricität über ihre Oberfläche ganz frei und völlig gleichmäfsig verbreite, scheint mir bei der Lockerheit und Porosität dieser Substanzen fast zweifelhaft, und vielleicht liegt hierin zugleich ein Grund, warum Egen's Versuche das Coulomb'sche Gesetz nicht völlig genau gaben. Sobald es also mit der erforderlichen Leichtigkeit verträglich ist, sind möglichst dünne und polirte metallene Kugeln am meisten zu empfehlen.

Die Construction der Elektrometer dieser Art ist eine gedoppelte. Unter die erstere Classe gehören diejenigen, welche nach Art des Henly'schen Quadranten-Elektrometers aus einer festen Kugel und einer sie berührenden, an einem isolirenden Faden aufgehangenen, und in einer verticalen Ebene beweglichen zweiten Kugel bestehen. Sollen sie völlig genau messen, so müssen alle Theile derselben aus vollkommenen Nichtleitern bestehen, aufser den beiden Kugeln, auch mufs diesen die Elektricität auf eine solche Weise zugeführt werden, dafs die Abstofsung durch sie allein bewirkt wird. Die gewöhnliche Methode daher, diese Elektrometer auf die ersten Conductoren der Maschine zu stecken, so dafs letzterer gleichfalls Repulsion ausübt, läfst nur vergleichbare Versuche mit den nämlichen Elektrometern und ersten Leitern zu.

Die verschiedenen Arten der Messungen mit diesen Elektrometern ergeben sich leicht durch folgende Betrachtung. Es befinde sich in a das Centrum der abstofsenden Kraft, in b das Fig. 156.

1 a. a. O. S. 296.

Centrum der abgestofsenen Kugel, und acb, der Abstofsungswinkel, heifse = φ; es sey ferner das absolute Gewicht der abgestofsenen Kugel = p, so wird die letztere auf einer geneigten Ebene herabzufallen streben, und ihr relatives Gewicht p′ = p Sin. φ seyn. Heifst dann die Kraft der elektrischen Spannung E, und soll diese dem Gewichte der Kugel = p′ gleich seyn, so ist einfach

$$E = p. \text{ Sin. } \varphi.$$

Es läfst sich auf diese Weise nicht blofs die Gröfse der Spannung verschiedener Elektricitäten durch das Gewicht ausdrücken, sondern man könnte sie auch mit der Elasticität der atmosphärischen Luft vergleichen, wenn man annähme, das letztere einer Quecksilbersäule von der Basis eines gröfsten Kreises der gebrauchten Kugeln und der jedesmaligen Barometerhöhe gleich sey, und unter der Voraussetzung einer der Elasticität proportionalen Dichtigkeit könnte man hieraus die Dichtigkeit der Elektricität finden. Ob aber diese Voraussetzungen richtig sind, ist noch nicht durch die Erfahrung aufgefunden. Bei allen diesen, und in der Folge noch zu erörternden Messungen wird indefs als nothwendige Bedingung vorausgesetzt, dafs der Mittelpunct des elektrischen Wirkungskreises jeder Kugel mit dem geometrischen Centro der letzteren zusammenfalle, welches um so weniger statt findet, je näher beide einander rücken, worüber oben schon das Nöthige gesagt ist. Die deswegen erforderliche Correction mit in Rechnung zu nehmen, liegt aufser den Grenzen der bisherigen Erfahrungen, indefs darf man die Messungen nur nicht mit zu kleinen Winkeln anstellen, um gegen diesen Fehler gesichert zu seyn. Endlich versteht es sich schon aus der ganzen Demonstration von selbst, dafs die Theilung des messenden Bogens vom Centrum der Kugel in a anfangen mufs.

Sollen mehrere Elektricitäten mit einander verglichen werden[1], so kommt das Gesetz des Verhältnisses der Entfernung zur Intensität der elektrischen Repulsion dabei in Betrachtung. Angenommen es solle dieses erst gefunden werden, so heifse der Exponent dieses Verhältnisses = x. Die geradlinige Entfernung der abgestofsenen Kugel ist = ab, wonach also die

1 Vergl. Francoeur Traité élémentaire de Mécanique. Par. 1807. 8. p. 118. Kaemtz a. a. O. p. 12.

Kraft der elektrischen Abstofsung $= \frac{E}{a\,b^x} = \frac{E}{2^x \text{ Sin. } \frac{1}{2}\varphi}$ ist, wenn man die Chorde a d durch 2 Sin. $\frac{1}{2}\varphi$ ausdrückt. Die abstofsende Kraft mufs aber so genommen werden, dafs sie auf die Kugel normal wirkt, welches durch die Linie b d ausgedrückt werden kann, und da $\frac{b\,d}{a\,d} = \text{Cos. } \frac{1}{2}\varphi$ ist, so erhält man $E\,\frac{\text{Cos. } \frac{1}{2}\varphi}{2^x \text{ Sin.}^x \frac{1}{2}\varphi}$. Diese Repulsionskraft mufs das Gewicht der Kugel überwinden, welches, wie oben gezeigt ist, $=$ p. Sin. φ ist. Hieraus wird also

$$E = p\,\frac{2^x \text{ Sin.}^x \frac{1}{2}\varphi \text{ Sin. } \varphi}{\text{Cos. } \frac{1}{2}\varphi}$$

Für eine andere elektrische Repulsion, mit dem nämlichen Instrumente gemessen, wobei also der Winkel φ sich in φ' verwandelt, hat man

$$E' = p\,\frac{2^x \text{ Sin.}^x \frac{1}{2}\varphi' \text{ Sin. } \varphi'}{\text{Cos. } \frac{1}{2}\varphi'}.$$

Hiernach also erhält man das Verhältnifs

$$E : E' = \frac{\text{Sin.}^x \frac{1}{2}\varphi \text{ Sin. } \varphi}{\text{Cos. } \frac{1}{2}\varphi} : \frac{\text{Sin.}^x \frac{1}{2}\varphi' \text{ Sin. } \varphi'}{\text{Cos. } \frac{1}{2}\varphi'}$$

und da Sin. $\alpha = 2$ Sin. $\frac{1}{2}\alpha$ Cos. $\frac{1}{2}\alpha$ ist, so hat man

$$E : E' = \text{Sin.}^{x+1} \tfrac{1}{2}\varphi : \text{Sin.}^{x+1} \tfrac{1}{2}\varphi'.$$

Haben dann E und E′ bekannte Werthe, z. B. $E = 1$; $E' = \frac{1}{2}$ u. s. w. so findet man

$$x + 1 = \frac{\log. E - \log. E'}{\log. \text{Sin. } \frac{1}{2}\varphi - \log. \text{Sin. } \frac{1}{2}\varphi'}.$$

Mifst man aber mit verschiedenen Elektrometern, bei denen das Gewicht der abgestofsenen Kugel ein anderes ist, so ist für gleiche Abstofsungswinkel

$$E : E' = p : p';$$

welches die oben gegebene Formel ist, und dazu dient, die Stärke der elektrischen Abstofsung aus dem Gewichte der gebrauchten Elektrometer zu finden. Es versteht sich von selbst, dafs für ungleiche Werthe von p und p′, so wie von Sin. φ und Sin. φ',

$$x + 1 = \frac{\log. E + \log. p' - \log. E' - \log. p}{\log. \text{Sin. } \frac{1}{2}\varphi - \log. \text{Sin. } \frac{1}{2}\varphi'}.$$

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Darf es als ausgemacht angesehen werden, dafs sich die elektrischen Repulsionen umgekehrt verhalten wie die Quadrate der Entfernungen, so hat man einfach

$$E : E' = \text{Sin.}^3 \tfrac{1}{2}\varphi : \text{Sin.}^3 \tfrac{1}{2}\varphi'.$$

Nimmt man hierbei eine gegebene Stärke der elektrischen Repulsion und den ihr zugehörigen Sinus des halben Abstofsungswinkels als Einheit an, so ist

$$E' = \text{Sin.}^3 \tfrac{1}{2}\varphi'$$

G. G. Schmidt[1] giebt ein bequemes Mittel an, die Elektrometer hiernach zu graduiren. Es sey die Chorde ae diese Einheit. Indem sich nun die Sinus der halben Bogen verhalten wie die Chorden der doppelten Bogen, so ist $E' = \text{chord.}^3 \varphi$. Man trage also das Doppelte, Dreifache, Vierfache u. s. w. der Chorde ad von a aus auf den Bogen adb, und schreibe dabei die Cubikzahlen von 1; 2; 3; 4 u. s. w., so zeigen diese Grade die Gröfse der elektrischen Repulsion an. Soll endlich die Stärke der elektrischen Abstofsung durch das Gewicht ausgedrückt werden, so ist

$$E' = \frac{\text{p. chord.}^3 \varphi}{ac}.$$

Man darf also nur das Gewicht der Kugel durch die Länge des Halbmessers des Pendels = ca in solchen Theilen ausgedrückt, wozu die Chorde ae die Einheit giebt, dividiren, und den Quotienten mit den eben genannten Graden des Elektrometers multipliciren.

Die zweite Classe von Elektrometern dieser Art ist diejenige, bei denen beide Kugeln an isolirenden Fäden herabhängen. Alles was oben rücksichtlich der Kugeln, der isolirenden Fäden u. s. w. gesagt ist, gilt aus leicht begreiflichen Gründen auch von dieser Classe, und eben so führt die Berechnung der Art ihrer Wirkung auf die nämlichen Resultate. Es seyen zu diesem Ende die Kugeln an den Fäden in a und b aufgehangen, so werden sie sich einander abstofsend stets ein gleichschenkliches Dreieck mit dem Winkel $acb = \varphi$ bilden. Die Abstofsung geschieht auch hier in der Richtung der Chorde ab, und es ist also die Kraft der elektrischen Abstofsung $= \frac{E}{ab^x}$. Berücksichtigt man, dafs auch hierbei die Abstofsung im Verhältnifs von

Fig. 157.

1 Handbuch der Naturlehre. Giefsen 1813. 1. S. 427.

ad : ab also von Cos. $\frac{1}{2}\varphi$ statt findet, und wird für ab der trigonometrische Ausdruck gesetzt, so ist die abstofsende Kraft wie oben $= \frac{E \text{ Cos. } \frac{1}{2}\varphi}{2^x \text{ Sin.}_x \frac{1}{2}\varphi}$. Diese Kraft mufs das Gewicht der Kugel überwinden, welches = p. Sin. $\frac{1}{2}\varphi$ ist. Obgleich nämlich zwei Kugeln herabzufallen streben, so ist doch nur das Gewicht der einen zu überwinden, welches von der andern balancirt wird. Dabei ist vorausgesetzt, dafs beide Kugeln gleich schwer sind, und daher genau ein gleichschenkliches Dreieck bilden. Ist dieses nicht der Fall, so würde die Formel p. Sin. $\frac{1}{2}\varphi$ eine Aenderung erleiden. Unter der angegebenen Bedingung aber, nämlich wenn beide gleich schwere Kugeln herabhängend ein gleichschenkliches Dreieck bilden, wäre dann aus

$$\frac{E. \text{ Cos. } \frac{1}{2}\varphi}{2^x \text{ Sin. }^x \frac{1}{2}\varphi} = p \text{ Sin. } \frac{1}{2}\varphi$$

$$E : E' = \text{Sin. }^{x+1} \tfrac{1}{2}\varphi : \text{Sin.}^{x+1} \tfrac{1}{2}\varphi'$$

wonach die Berechnung, wie oben, weiter geht. Dafs man übrigens bei kleinen Bogen die Grade füglich statt der Sinus oder der Chorden setzen könne, versteht sich von selbst, jedoch sind die zu kleinen Bogen wegen der aus ihren folgenden Ungewifsheit über das Centrum der elektrischen Atmosphären zu vermeiden.

Unter den Versuchen, welche mit einem Elektrometer dieser Art angestellt sind, erwähne ich die bekannten von Lord Mahon[1], wodurch er die Beschaffenheit der elektrischen Atmosphären, und hiernach das Gesetz der elektrischen Abstofsung den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional auffand. De Lüc[2] hat gegen die Einwürfe Volta's die Genauigkeit jener Versuche dargethan, und so verdienen auch die elektrometrischen Messungen Zutrauen, wodurch er das Coulomb'sche Gesetz auffand. Wäre dasselbe indefs nicht noch anderweitig bestätigt, so liefse sich allerdings die ungewöhnliche Kleinheit des gebrauchten Elektrometers dagegen einwenden, welches aus Korkkugeln von höchstens 0,1 Z. Durchmesser an den fein-

1 Principles of Electricity with an analysis of the superior advantage of high and pointed Conductors. Lond. 1779. 4. Deutsch mit Anm. von Seeger. Leipz. 1789. 8.

2 Neue Ideen über die Meteorologie I. §. 320.

sten leinenen Fäden hängend und durch eine Stange Siegellack isolirt bestand. Inzwischen konnte bei diesem geringen Durchmesser der Kugeln der Unterschied zwischen den Mittelpuncten der elektrischen Atmosphären und der Kugeln am wenigsten einen merklichen Fehler der Messungen erzeugen. Egen[1] bemerkt jedoch, dafs er versucht habe, das Gesetz der elektrischen Abstofsung vermittelst kleiner Korkkugeln, welche an feinen seidenen Fäden aufgehangen und mit Leichtigkeit in verschiedene Entfernungen von einander zu bringen waren, aufzufinden, allein dabei zu der Ueberzeugung gelangt sey, dafs dieses auf dem angegebenen Wege nicht mit Leichtigkeit geschehen könne.

Ueberblicken wir also nochmals die bisherigen Bemühungen der Physiker, das Verhältnifs der Entfernungen zu den elektrischen Abstofsungen aufzufinden, so ergiebt sich sehr bald, dafs es an Fleifs und Sorgfalt zur Aufhellung dieses Gegenstandes nicht gefehlt hat, und wenn die Resultate nicht vollkommen übereinstimmten, vielmehr bedeutend von einander abwichen, so lag die Schuld hiervon hauptsächlich an der grofsen Schwierigkeit der Aufgabe. Uebrigens aber vereinigen sich die meisten und genauesten Versuche dahin, das aus theoretischen Gründen mit grofser Zuverlässigkeit folgende Gesetz der den Quadraten der Entfernungen umgekehrt proportionalen Abstofsung als richtig zu betrachten. Darf man aber dieses annehmen, so gewähren die bisher bekannten Elektrometer genügende Mittel, um entweder durch unmittelbare Anwendung derselben, oder mit einiger Verbesserung ihrer Construction sowohl das Gesetz der Abstofsung weiter zu prüfen, als auch die absolute Repulsivkraft der Elektricität zu messen. Für das Letztere würde aber erforderlich seyn, einen übereinstimmenden Bau der Elektrometer und genaue Bestimmung des Gewichtes der abgestofsenen Kugeln einzuführen, wozu mir de Luc's Fundamental-Elektrometer mit einem hinlänglich langen Zuleitungsdrahte, an dessen anderem Ende h übrigens die abstofsende Kugel unmittelbar befestigt seyn müfste, indem eine isolirende lothrechte Stange das Hypomochlion p des Pendels mit der abgestofsenen Kugel trüge, am geeignetsten scheint. Die Kugeln selbst müfsten dann von Metall und von verschiedenem genau Fig. 142.

1 a. a. O. S. 294.

bestimmten Gewichte seyn, wenn man, namentlich die Stärke der Elektricität bei Maschinen, messen wollte[1].

M.

Elektrophor.

Beständiger Elektricitätsträger; *Electrophorus perpetuus;* Électrophore perpétuel; *Electrophor;* ein seit dem Jahre 1775 durch Alexander Volta eingeführtes Instrument, wodurch man eine lange Zeit elektrisiren kann, ohne die E. aufs Neue erregen zu dürfen. Es vertritt die Stelle einer sehr einfachen und wohlfeilen Elektrisirmaschine.

Schon vor der Erfindung des, im engeren Sinne sogenannten, Elektrophors war dasselbe unter einer andern Form seinen wesentlichen Bestandtheilen nach schon dargestellt. Der um die Elektricitätslehre so hoch verdiente Wilke hatte nämlich schon im Jahre 1762 in seinen Untersuchungen über die entgegengesetzten Elektricitäten[2] eine Art von beständigem Elektrophor an einer entladenen Glasscheibe, deren isolirte Belege sich von derselben nach der Entladung abziehen und wieder daran anbringen liefsen, den Physikern in die Hände gegeben. Er bemerkte[3], dafs diese Belege, nachdem man den el. Stofs durch Anlegung der Hände an dieselben herausgenommen, und zum Ueberflusse dieselben eine kurze Zeit damit in Berührung gelassen hatte, 1. zwar nicht die geringste E. mehr zeigen, so lange sie am Glase liegen, sobald man sie aber beide, oder jede für sich vom Glase abführt, eine überaus starke Funken gebende E. zeigen, die in ihnen von entgegengesetzter Natur ist, und zwar in der während der Ladung positiv gewesenen Belegung sich als negative, in der negativen Belegung dagegen als positive verhält; 2. dafs diese Elektricitäten wieder gänzlich verschwinden, wenn man die beiden Belege, ohne sie zu berühren, wieder zum Glase führt; 3. dafs wenn man diese Elektri-

---

1 Da die sogenannte *unterirdische Elektrometrie*, die durch Pennet u. a. ausgeübte Metall- und Wasser-Fühlerei, mit der eigentlichen Elektrometrie durchaus nichts gemein hat, überhaupt aber nicht zur Elektrometrie gehört, so ist sie hier ganz übergangen. Vergl. *Elektrophor* a. E. und *Kraft*.

2 Schwed. Abh. für das Jahr 1762. XXIV. Band.

3 a. a. O. S. 271.

citäten von den Belegen, so lange sie vom Glase entfernt sind, durch Berührung ableitet und wieder gegen das Glas führt, diese Belege abermals freie E., aber in einem viel schwächeren Grade, und zwar nunmehr die entgegengesetzte von derjenigen zeigen, die sie vorher getrennt darboten; 4. dafs, wenn sie nun, ohne berührt zu werden, abgehoben sind, sie gar keine E. zeigen; 5. dafs aber die Belege sich wie im ersten Versuche verhielten, wenn sie mit beiden Händen zugleich an das Glas gedrückt und darauf abgehoben werden; 6. dafs endlich auf diese Art das Glas viele Tage und Wochen nach einander die Belege merklich elektrisiren könne, so oft auch der Versuch wiederholt werde, und dafs dieses Vermögen bei heiterem und trockenem Wetter sich oft von selbst im Glase wieder einfinde.

Auch Beccaria hatte unter den Namen des *Electricitas vindex*[1] dergleichen Versuche, wie sie das eigentliche Elektrophor zeigt, namentlich mit zwei Glasplatten, deren metallische Belege durch isolirende Handgriffe abgezogen werden konnten, bekannt gemacht. Indefs behält Volta das unstreitige Verdienst, diesem für die Theorie der E. besonders interessanten Werkzeuge seine jetzige bequeme Einrichtung gegeben, und es mit jenem eigenen Namen in die Geräthschaften der Experimentalphysik eingeführt zu haben. Er kam darauf durch die Veranlassung seines Streites mit Beccaria über des letzteren Grundsatz, der sich selbst wieder herstellenden E. (*Electricitas vindex*). Er leugnete, dafs ein Leiter und ein durch Reiben erregter el. Körper bei ihrer Verbindung ihre Elektricitäten ablegten, und bei der Trennung wieder ergriffen, und behauptete vielmehr, dafs die Elektricitäten nur so lange, als sich einer im Wirkungskreise des andern befände, im Gleichgewichte ständen, oder unwirksam würden, d. h. einander bänden. Er zeigte dieses durch einen auf eine geriebene Harzplatte gesetzten isolirten Leiter, und da Harzplatten ihre durch Reiben erregte E. sehr lange behalten, so gab dieser Versuch das Instrument, dem er den Namen *Elettroforo perpetuo* beilegte, so wie er die so erregte E. *elettricita vindice indeficiente* nannte. Im Junius 1775 theilte Volta die erste ausführlichere Nachricht von seinem Apparate und den damit anzustellenden Versuchen in einem

1 Dell' Elettricismo artificiale etc. Fol. Bologna. 1772.

Briefe an PRIESTLEY[1] mit, welchem mehrere Briefe an einige andere Physiker folgten[2]. Die erste Erscheinung des Elektrophors, welche theils durch Privatbriefe, theils durch kleine Schriften bald bekannter wurde[3], war den Physikern fast eben so räthselhaft, als es ehemals der Leidner Versuch gewesen war. Doch sah man bald, dafs sich die Erscheinungen dieses Werkzeuges nicht anders, als durch die Gesetze der el. Wirkungskreise erklären lassen. Die Bekanntmachung des Elektrophors ist daher die Epoche, seit welcher man auf diese bis dahin immer noch vernachlässigte Lehre aufmerksam geworden ist, so dafs dieses Instrument der Theorie eben so viel Vortheil als der Praxis gewährt hat. In Deutschland haben die Versuche mit dem Elektrophore unter den Händen LICHTENBERG's auf die interessante Entdeckung der nach ihm benannten el. Figuren geleitet, auch knüpften sich durch JAC. CHR. SCHÄFFER zwei sonderbare Pendelschwingungen an dasselbe an, die in derselben Gegend 30 Jahre später wieder aufgenommen, wenigstens in Deutschland für eine kurze Zeit ein so grofses Aufsehen machten, und bis auf den heutigen Tag noch räthselhaft da stehen.

Einrichtung des Elektrophors.

Die wesentlichen Theile eines Elektrophors nach der gleich anfangs von VOLTA angegebenen Einrichtung sind der *Kuchen*, die *Form* und der *Deckel*. Kuchen und Form zusammen heifsen die *Basis* oder *Unterscheibe*, der Deckel oder Schild (*clypeus, scudo*, wie ihn Volta auch nennt) wird im Gegensatz damit auch die *Oberscheibe* genannt.

Der *Kuchen* besteht aus einer Platte von einer nicht leitenden harzigen Materie. VOLTA empfiehlt als vorzüglich brauchbar eine Mischung aus drei Theilen Terpentin, zwei Theilen

---

1 Scelta di Opuscoli interessanti di Milano. Tome IX. pag. 91. und Tome X. pag. 37.

2 S. auch Lettre de Mr. Alex. Volta sur l'électrophore perpetuel de son invention. In Roz. Observ. etc. T. VII. Juillet 1776. p. 21. und Collezione dell' Opere del Cavaliere Carlo Alessandro Volta. T. I. pag. 105. ff.

3 Lettre de Mr. l'abbé J. (Jacquet) de Vienne à l'Auteur de cet Recueil. Observ. de Rozier. Tome VII. 1776. Juin 501. auch ins Deutsche übersetzt, mit Anmerkungen von A. H. Wien 1776.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Harz, und einem Theile Wachs, und läfst diese einige Stunden hindurch zusammen kochen, indem er am Ende etwas Mennig zur Erhöhung der Farbe untermischt. Er bediente sich auch des blofsen Gummilacks, anderer harziger Materien und des Schwefels. Das blofse Pech oder reines burgundisches Harz, ist weniger brauchbar, weil die Masse zu spröde wird. Dr. Pickel giebt eine Zusammensetzung von 5 Theilen Gummilack (in Tafeln), 3 Theilen reinen Mastix, und zwei Theilen venetianischen Terpentin an, welche zusammen in Leinwand gebunden in einem neuen irdenen glasirten Geschirre bei gelindem Kohlenfeuer zerlassen, durch die Leinwand gedrückt, und entweder noch flüssig in die Form gegossen, oder nach dem Erkalten gepulvert, aufgestreut und wieder zerlassen wird. Eine sehr wohlfeile Mischung, die Jacquin angiebt, besteht halb aus Colophonium und halb aus weifsem Pech mit etwas Terpentin und Zinnober zum Färben der Masse. Der Kuchen zu Lichtenberg's grofsem Elektrophore war aus einer Mischung von gemeinem Harze, Terpentin und Burgundischem Pech geschmolzen. Der Abbé Robert[1] fand als eine vorzüglich gute und die durchs Reiben erregte E. lange an sich haltende Masse eine Mischung aus 10 Theilen Gummilack, 3 Theilen Harz, 2 Theilen Jungfernwachs, 2 Theilen venetianischen Terpentin und ½ Theil Pech. Ich selbst fand eine Mischung aus 8 Theilen Colophonium, 1 Theil Schellack, und 1 Theil venetianischen Terpentin vorzüglich brauchbar.

Die *Form* oder der *Teller* aa wird gewöhnlich aus einer runden metallenen oder auch hölzernen, mit Zinnfolie oder Silberpapier überzogenen Scheibe verfertigt, mit einem aufwärts gebogenen 2 bis 5 Linien hohen Rande (nach der Dicke, die man dem Kuchen geben will), welcher das Abfliefsen der hineingegossenen Harzmasse verhindert. Es mufs jedesmal so viel harzige Composition aufgegossen werden, dafs die Oberfläche mit dem höchsten Theile des Randes vollkommen gleich steht, und man vom Rande des Tellers nichts als die äufsere Kante sieht. Damit aus der harzigen Masse beim Schmelzen alle Feuchtigkeit und Luft soviel möglich verjagt werde, mufs sie in dem irdenen Topfe eine hinlängliche Zeit (nach der Gröfse des Elektrophors und der auf einmal geschmolzenen Masse) über dem Fig. 158.

1 Goth. Magazin für das Neueste, u. s. w. VII. Bd. 3 St. S. 87. ff.

Feuer erhalten werden, doch mufs das Feuer mit gehöriger Vorsicht regiert werden, damit sie nicht anbrenne, indem hierdurch ihr idioelektrisches Vermögen sehr leidet. Weil beim Aufgiefsen stets Blasen im Harze bleiben, so mufs man glühende Platten oder am besten einen recht heifsen Stahl, wie man ihn gewöhnlich zum Plätten der Wäsche gebraucht, bereit halten, und diesen nahe an die Blasen bringen, ohne jedoch das Harz zu berühren, damit die Blasen von der Hitze zerspringen, und die an der Oberfläche wieder flüssig gewordene Masse sich in eine Ebene verbreiten. Dadurch kann man einen Harzkuchen im Teller erhalten, der der Ebene und Glätte eines Spiegels sehr nahe kommt. Es verdient jedoch bemerkt zu werden, dafs die Harzhaut, welche sich in diesem Falle oben auf gebildet hat, und die spiegelnd glänzende Oberfläche ausmacht, sey es nun, dafs ihre gröfsere Cohäsion oder eine schwache Oxydation, die sie erlitten, daran Schuld ist, für die Erregung der E. durch Reiben sich nicht so günstig zeigt, als wenn man diese Harzfläche durch feines Bimssteinpulver abreibt, wodurch sie zwar ihre spiegelnde Glätte, aber nicht ihre Ebene verliert, und sehr an Wirksamkeit gewinnt, wie namentlich der Probst Eberle bei der Verfertigung des grofsen Elektrophors für das Wiener Cabinet fand[1]. Nachher im Elektrophor entstandene Risse können zur Noth gleichfalls durch Ueberfahren mit einem recht heifsen Eisen zugeschmelzt werden.

Eine Dicke des Harzkuchens von anderthalb Linien, ist bei kleineren Elektrophoren hinreichend, wie schon Volta bemerkt, aber bei gröfseren Kuchen von anderthalb bis zwei Schuhen kann man dem Harzkuchen auch wohl eine Dicke von 4—5 Linien geben, die bei den gröfseren Elektrophoren, wie z. B. demjenigen Lichtenberg's schon darum nöthig ist, weil sonst der aus dem aufgehobenen Deckel hervorbrechende Funken den dünnern Kuchen durchbohren könnte, um nach der Form zu gelangen.

Für gewisse Arten des Gebrauches des Elektrophors, namentlich bei der el. Lampe, ist an irgend einer Stelle des Randes ein schmaler Stanniolstreifen von einer solchen Länge, dafs der in der Mitte aufliegende Deckel denselben mit seinem Rande berührt, auf den Harzkuchen mit etwas Hausenblase geleimt,

1 Heidmann's vollständige Theorie der Elektricität. I. Bd. S. 54.

und steht mit dem metallenen Ueberzuge der Form in Verbindung. Er vertritt die Stelle des Fingers, der sonst den Deckel während des Aufruhens auf dem Kuchen berühren mufs, wenn derselbe nach dem Aufheben E. zeigen soll.

Der *Deckel* oder *Schild* bb, oft auch, wenn er ein hoher Fig. 158. Cylinder ist, die *Trommel* genannt, besteht aus einem isolirten Leiter, der ringsum etwa 1 oder 1½ bis 2, und bei sehr grofsen Elektrophoren auch wohl 4 bis 6 Zoll schmäler ist, als der Kuchen, und auf denselben genau anschliefsend, bequem aufgesetzt und abgehoben werden kann. Am wohlfeilsten und leichtesten macht man ihn aus einem Reif von steif geleimten Pappendeckeln, über welchen oben und unten Leder, Papier, oder dünne Leinwand gespannt, dann aber alles rund umher mit Zinnfolie überzogen wird, so dafs die äufsere Fläche ein vollkommener metallischer Leiter ist. Man kann aber auch eine metallene messingene oder zinnene, am Rande wohl abgerundete, und daselbst etwas dickere Scheibe nehmen. Um diesen Deckel isolirt abheben und aufsetzen zu können, werden an drei oder vier gleich weit von einander abstehenden Orten des Umkreises Löcher schief durchgebohrt, und seidene Schnüre oder Bänder durchgezogen, die man in der Höhe von etwa 10 Zollen zusammenknüpft, oder es wird, was im Ganzen den Fig. Vorzug verdient, und welche Einrichtung Volta seinem Elek- 159. trophore gleich im Anfange gab, in der Mitte der zum Deckel gebrauchten Scheibe ein gläserner, wohl überfirnifster Handgriff aufgekittet, welcher besonders den Vortheil gewährt, dafs man den Deckel auch in andere Lagen, als in die blofse horizontale bringen kann.

Gepreſste Elektrophore.

Diese verdienen vor allen andern den Vorzug, und sind besonders bei den el. Lampen zu empfehlen, bei welchen so viel daran gelegen ist, dafs sowohl durch das Reiben starke E. erregt werde, als dafs sich diese auch so lange wie möglich erhalte. Alle in Formen gegossene Elektrophore haben den Nachtheil, dafs, da sie mit ihrem Umfange an dem aufstehenden Rande der Form fest anhängen, sie sich nach dem Wechsel der Temperatur nicht frei ausdehnen und zusammenziehen können, und daher in der Kälte leicht Risse bekommen, in der Wärme aber sich erheben, und eine convexe Oberfläche annehmen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Aufserdem ist es kaum möglich, bei dem gewöhnlichen Verfahren die Oberfläche vollkommen eben darzustellen, wovon es doch wesentlich abhängt, dafs der Deckel mit seiner ebenen Oberfläche so genau und vollkommen, wie möglich, anschliefsen könne. Allen diesen Unvollkommenheiten wird durch das nachfolgende Verfahren abgeholfen.

Auf einer vollkommen ebenen gut polirten Marmorplatte wird ein Stück Zinnfolie, etwas gröfser als der Kuchen des Elektrophor werden soll, ausgebreitet, und auf dieselbe ein Ring von dem Diameter und der Höhe des Harzkuchens aufgesetzt, entweder von Blei oder Holz, um welchen gleichfalls Stanniol übergeschlagen wird, so dafs die Harzmasse nicht in Berührung mit dem Holze oder Bleie kommen kann. In diese Form wird die oben von mir empfohlene Masse gegossen, und nachdem sie so weit erkaltet ist, dafs die obere Fläche noch etwas weich ist, wird eine Stanniolplatte und auf diese eine zweite gleichfalls vollkommen ebene Marmorplatte, oder auch eine Scheibe von recht ebenem Spiegelglase aufgelegt, und mit Gewichten bis zu 10 Pfund beschwert, die man etwa 24 Stunden darauf liegen läfst. Durch dieses Pressen bekommt die Harzplatte eine vollkommen ebene Oberfläche, vorausgesetzt dafs die aufgelegte Marmorplatte oder Glasscheibe hinlänglich eben war, worauf man sich bei einer guten Spiegelscheibe verlassen kann. Der erhaltene Harzkuchen adhärirt nicht an dem Stanniol des Ringes, oder kann wenigstens leicht davon losgetrennt werden. Er wird dann auf derselben Stanniolplatte, auf welche er gegossen war, auf eine hölzerne Unterlage gelegt, und um ihn daselbst festzuhalten, kann man eine hölzerne Umgebung über den Kuchen oberhalb etwas greifen lassen, die man durch hölzerne Schrauben an die Unterlage befestigt. Zum Dekkel dieser gepreſsten Elektrophore mit ganz freiem, nirgend angeschmolzenem, Kuchen, bediene ich mich runder Scheiben von Spiegelglas, welche an ihrer Unterfläche auf das sorgfältigste mit Stanniol, oder Silberschaum überzogen, an ihrem Rande umher durch einen wohl abgerundeten zinnenen Ring, der frei darauf liegt, und den Rand einschliefst, gegen alles Ausströmen von E. gesichert, und in ihrer Mitte mit einer wohl überfirnifsten Glasstange als Handhabe versehen sind, und welche unten eine wohl überfirnifste hölzerne Fassung haben, die in eine auf das Glas gekittete hölzerne Schraube eingeschraubt wird.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die beiden gröfsten ausgeführten Elektrophore sind der in Göttingen von dem dasigen Mechanicus KLINDWORTH verfertigte, und ein noch gröfserer im physikalischen Cabinet zu Wien[1]. Die Harzscheibe des ersteren hatte 7 Schuhe im Durchmesser, und $\frac{1}{2}$ Z. Dicke, und es waren 56 Pfund Harzmasse dazu erforderlich. Der Deckel, massiv von Zinn, hielt 6 Pariser Fufs im Durchmesser, etwa 2 Linien dick, mit umgerolltem Rande, um das Ausströmen zu verhindern. Bei seinem grofsen Gewichte von 76 Pfund mufste er durch einen Flaschenzug auf und nieder gelassen werden. Er war an 13 vier Fufs langen Schnüren aufgehängt, die in Ringe, welche in den Deckel gegossen, befestigt und oben in einen grofsen Ring vereinigt waren. Am äufsern, mit Zinnfolie belegten, Rande der Tafel, in welcher der Harzkuchen gegossen war, befand sich ein Haken mit einer Kette, an deren Ende eine 14 zöllige Kugel hing, welcher Haken mit einem 4 Zoll langen, 1 Zoll breiten, in die untere Tafel eingelassenen Messingstreifen in Verbindung stand. Diese Vorrichtung mit der Kette und Kugel diente, um diejenige Verbindung mit dem Deckel herzustellen, die man sonst mit der Hand macht, weil der dabei entstehende Schlag der Hand zu empfindlich war. Der grofse Elektrophor, mit welchem LICHTENBERG seine Versuche anstellte[2], hatte nur 6 Pariser Fufs im Durchmesser in der Basis, und fünf im Deckel. — Noch gröfser als jener Göttinger Elektrophor ist derjenige im Cabinet zu Wien, dessen ganze Basis 8 Schuhe, der Harzkuchen allein 7 Schuhe $9\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser und eine Dicke von zwei Zoll hat, zu dessen Verfertigung $5\frac{1}{2}$ Centner von der von JACQUIN empfohlenen Mischung erforderlich waren, der Dekkel 10 Zoll im Durchmesser kleiner als die Harzscheibe, aus einem Reife des stärksten Pappendeckels bestehend, der zuerst mit Leinwand, dann mit Zinnfolie gut überzogen ist, und mit vier starken Seidenschnüren mittelst eines doppelten Flaschenzuges auf- uud niedergezogen wird. Die leitende Verbindung der Form mit der Trommel, wenn sie auf dem Harzkuchen ruht, wird vermittelst eines Stanniolstreifens hergestellt, wie er oben beschrieben ist[3].

---

1 Lichtenberg's Magazin u. s. w. Bd. 1. St. 2. S. 35.

2 Novi Commentarii. Tom. VIII. 168.

3 Heidmann, vollständige Theorie u. s. w. I. 58.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Statt der harzigen kann man auch andere idioelektrische Substanzen, welche durch Reiben eine eigenthümliche starke E. annehmen, zur Basis des Elektrophors gebrauchen. Vor allen kann dazu das Glas dienen, wie dann das Elektrophor in den Händen Wilke's zuerst unter dieser Form erschien, und nur die Unwissenheit der Franzosen in fremder Literatur macht es erklärlich, dafs Aubert[1] viele Jahre nachher mit seinem Glaselektrophor als mit einer neuen Erfindung auftreten konnte. Nimmt man ein Spiegelglas zur Basis, so vertritt schon die Belegung mit Spiegelfolie die Stelle der Form. Man hat auch seidene und wollene Zeuge zur Basis des Elektrophors gebraucht, welche man am besten in einen Rahmen spannt, und so in freier Luft in eine horizontale Lage bringt[2]. Man darf auch nur einen elektrisirten seidenen Strumpf u. d. g. auf den isolirten Deckel legen, um Wirkungen zu erhalten, die denen des Elektrophors ähnlich sind.

Vilette zu Lüttich hat einen Papierelektrophor aus einem halben Bogen Papier angegeben, welcher stark erhitzt, und mit einem seidenen Tuche oder rauhen Felle gerieben wird. Er hat daraus lebhafte Funken erhalten und Leidner Flaschen damit geladen.

Erscheinungen und Gebrauch des Elektrophors.

Man errege die E. des Kuchens durch Reiben. Ist derselbe, wie gewöhnlich, von einer harzigen Composition bereitet, so wird die Erregung am besten gelingen, wenn man mit trockenem, warmen Hasen- oder Katzenfelle oder Flanell reibt. Das allerbeste ist, mit einem doppelt zusammengelegten warmen und trockenen Stücke Flanell, das man mit beiden Händen hält, auf den Kuchen zu schlagen, und bei jedem Schlage den Flanell über den ganzen Kuchen hinweg gegen sich zu ziehen, oder den Kuchen auf eben diese Art, doch stets nach derselben Richtung, zu peitschen, wozu auch ein Fuchsschwanz treffliche Dienste leistet. Durch öftere Wiederholung dieses Schlagens oder Reibens kann man die E. des Kuchens bis zu einem

1 Gothaisches Magazin für das Neueste u. s. w. V. Bd. 3tes St. S. 96. ff.

2 S. *Luftelektrophor.*

gewissen Maximum ansehnlich verstärken. — Schäffer fand von 6 maligem bis hundertmaligem Reiben im Kreise die Funken immer noch verstärkt, und ich gelangte gleichfalls beim Schlagen erst nach 120 Schlägen an die Grenze der Verstärkung. Die harzige Scheibe, einmal erregt, insbesondere die der gepreſsten Elektrophore, behält, wenn der Deckel darauf liegen bleibt, die einmal erregte E. Monate und Jahre lang.

Bedient man sich einer Glasscheibe, so dient zur Reibung derselben am besten ein mit Almagama eingeriebenes Leder.

Ein so erregter Elektrophor zeigt folgende Erscheinungen:

1. Setzt man den Deckel, indem man ihn an dem isolirenden Handgriffe hält, auf die Basis, und hebt ihn wieder auf, ohne ihn berührt zu haben, so zeigt er keine E. Ist jedoch der Harzkuchen durch Reiben sehr stark el. geworden und hat der Deckel etwa einige Unebenheiten, so kann er, auch ohne berührt zu werden, durch Mittheilung einige E. erhalten, und dann, ohne vorher berührt worden zu seyn, beim Aufheben einen schwachen Funken geben.

2. Setzt man den Deckel wie in No. 1. auf die Basis, welche nicht isolirt ist, und berührt ihn, so erhält man einen kleinen schneidenden Funken, berührt man dagegen mit dem einen Finger die Form, mit dem andern den Deckel, so fühlt man einen erschütternden Schlag, wie aus einer schwach geladenen Leidner Flasche. Berührt man den auf den Harzkuchen isolirt aufgesetzten Deckel im Dunkeln, um den Funken daraus zu ziehen, so sieht man zugleich die in der Nähe der Form befindlichen Körper, die mit einem sehr dünnen Ueberzuge eines guten Leiters versehen sind, z. B. die vergoldeten Leisten einer Commode, leuchten.

3. Nach diesen Berührungen zeigt weder der Deckel noch die Form weiter einige Spuren von E.

4. Hebt man hierauf den Deckel mit den Schnüren oder der Glasstange isolirt auf, entfernt ihn genugsam von der Basis, und berührt ihn wieder, so erhält man einen oder mehrere stechende Funken, wie von einem gewöhnlichen durch die Umdrehung der Elektrisirmaschine geladenen Conductor. Diese Funken sind stärker, wenn man den Deckel und die Form zugleich, als wenn man nur den Deckel allein berührt hat. Auch in diesem Falle beim Herausziehen des Funkens aus dem auf-

gehobenen Deckel nimmt man dasselbe Leuchten der gleichen Umgebungen wie bei No. 2 im Dunkeln wahr.

5. Die E. des berührten und dann aufgehobenen Deckels ist derjenigen des Kuchens oder der Basis entgegengesetzt. Beim Harzkuchen ist sie demnach positiv (doch hat VOLTA bei einem Kuchen von harziger Mischung die sonderbare Anomalie entdeckt, dafs derselbe, er mochte ihn nun mit der Hand, mit irgend einem Stoffe, mit Papier u. s. w. reiben, stets positiv elektrisirt wurde[1], bei der Glasbasis, die durch Reiben mit Amalgama elektrisirt worden ist, negativ.

6. Die E. des aufgesetzten noch nicht berührten Deckels ist dagegen derjenigen der Basis gleichartig.

7. Das No. 2—4 beschriebene Verfahren läfst sich, so oft man will, wiederholen, ohne dafs der Kuchen etwas merkliches von seiner E. verliert, bis ihm endlich nach längerer Zeit Luft und Feuchtigkeit dieselbe entziehen. So kann man von einer einzigen Reibung oft Monate lang el. Funken erhalten, daher das Instrument der *beständige Elektricitätsträger* genannt worden ist. Dasselbe gilt auch für den Wilke'schen Elektrophor, der aus einer Ladungsscheibe, deren Belege von ihr getrennt werden können, besteht, und nach vorhergegangener Ladung entladen, keine weitere Reibung wie der gewöhnliche Elektrophor erfordert, um unter denselben Umständen, wie die von No. 2 — 4 angeführten ununterbrochen Funken von ungeschwächter Stärke Stunden und Tage lang zu geben, nur dafs besonders bei feuchter Witterung seine Wirksamkeit früher abnimmt, und sich endlich ganz verliert.

8. Man isolire die Basis so vollkommen wie möglich, und errege durch Reiben die negative E. des Harzkuchens. Sogleich wird die Form freie negative E. zeigen, wie man sich durch ein Strohhalm- oder Korkkugelelektrometer überzeugen kann, das man mit der Form in Verbindung setzt. Setzt man den Deckel auf den Kuchen, so zeigt auch ersterer, durch ein Elektrometer geprüft, negative E., und die der Form nimmt etwas an Stärke ab. Berührt man hierauf den Deckel, ohne zugleich die Form zu berühren, so erhält man einen Funken, der jedoch schwächer ist, als wenn man denselben Versuch bei nicht isolirter Basis anstellt, die E. des Deckels verschwindet gänzlich,

---

1 Journal de Physique 1776. VII. Juill. p. 23.

auch die Kügelchen oder Strohhälmchen des mit der Form in Verbindung stehenden Elektrometers gehen langsam zusammen, bis zur Berührung, und dann wieder von neuem aus einander mit entgegengesetzter positiver E.

9. Hebt man den Deckel, nachdem man ihn einseitig berührt hat, in die Höhe, indem die Basis fortwährend isolirt bleibt, so gehen die Kügelchen des mit der Form in Verbindung stehenden Elektrometers abermals langsam zusammen, und nachdem sie sich berührt haben, von neuem aus einander, und zwar wieder, wie im Anfange des vorigen Versuches der Fall war, mit negativer E. Der aufgehobene Deckel zeigt positive E., jedoch in einem geringeren Grade, als wenn man den Versuch bei nicht isolirter Basis angestellt hat.

10. Wenn man wie in den vorigen Versuchen verfährt, die schneidenden Funken aus dem auf dem Kuchen ruhenden Deckel nimmt, und eine Verbindung zwischen dem Deckel und der noch isolirten Form macht, so erhält man einen neuen mehr erschütternden Funken, Form und Deckel zeigen dann keine weitere Spur von E. — hebt man aber den Deckel auf, so zeigen beide freie E., und zwar das Maximum, was sie überhaupt zeigen können, der Deckel positive, die Form negative. Es versteht sich von selbst, dafs wenn man statt erst einseitig den Deckel berührt zu haben, sogleich eine Verbindung zwischen der Form und dem Deckel durch den Finger macht, man auch sogleich den erschütternden Funken erhält, ungeachtet in diesem Falle beide Belege des Harzkuchens (denn diesen Namen verdienen der Deckel und die Form) einerlei freie negative E. besitzen.

11. Wird der Deckel nach der Berührung aufgehoben, und ohne dann in der Höhe berührt worden zu seyn, wieder niedergelassen und aufgesetzt, so sind Form und Deckel ganz todt, und ohne einige Merkmale von E.

Alle diese Erscheinungen, besonders aber die von 8—11 lassen sich vorzüglich lehrreich an demjenigen Elektrophore darstellen, welcher aus einer Ladungsscheibe besteht, deren Belege von derselben abgezogen werden können. Am besten dient dazu eine in einem Rahmen gefafste Scheibe, die mit seidenen Schnüren senkrecht in einem Gestelle aufgehängt ist, das aus zwei Paar senkrechten Glassäulen besteht, welche oben durch einen quer gehenden Glasstab vereinigt sind. Zu den Belegen

dienen zwei dünne, recht ebene, Messingscheiben, mit etwas dickerem wohl abgerundetem Rande, die in senkrechter Stellung an Glassäulen, die in einem soliden Fuſs von überfirniſstem Holze eingelassen werden, befestiget sind. So kann man beide Belege oder nach Willkür auch nur eines von der Glasscheibe und zwar in vollkommen isolirtem Zustande abziehen, während beim gewöhnlichen Elektrophore die Form stets mit dem Kuchen verbunden bleibt. Hat man die Scheibe geladen und dann entladen, indem man zwischen beiden Belegen eine leitende Verbindung gemacht hat, so findet gerade derselbe Zustand statt, den der gewöhnliche Elektrophor zeigt, wenn man den Deckel auf den, durch das Reiben elektrisirten, Kuchen aufgesetzt, und diesen und die Form mit den Fingern berührt hat. Zieht man die beiden Scheiben dann isolirt ab, so zeigen sie entgegengesetzte Elektricitäten, und zwar jede derselben auch die entgegengesetzte von derjenigen, mit der sie vorher geladen gewesen war. Beraubt man sie durch Berührung ihrer E., und drückt sie beiderseits wieder an die Glasscheibe im isolirten Zustande an, so zeigen sie abermals freie E., aber die entgegengesetzte von derjenigen, die sie abgezogen hatten, nur dem Grade nach etwas schwächer. Berührt man beide mit dem Finger, wobei man einen schwachen erschütternden Funken erhält, und zieht sie abermals ab, so wiederholt sich die erste Erscheinung. Ich habe auf diese Weise ganze Stunden hindurch lange Funken aus den beiden Scheiben ausziehen können, doch waren hier, wenn die Funken aus den abgezogenen Scheiben genommen wurden, die negativen Funken der einen Scheibe etwas länger, als die positiven der andern, wenn nämlich die Ladung der Scheibe vom positiven Conductor ausgegangen war.

Man wird aus diesen Phänomenen des Elektrophors seinen Gebrauch leicht abnehmen können. Der berührte und von der Basis abgezogene Deckel thut nämlich alle Dienste eines elektrisirten Conductors, an dem man die Wirkungen der el. Anziehung wahrnehmen, einen Funken ziehen und eine Flasche laden kann, wenn man den Funken aus dem Deckel in ihren Knopf schlagen läſst, indem man die Flasche an ihrer äuſseren Belegung mit der Hand umfaſst, oder diese sonst mit dem Erdboden verbindet. Zwar ist mit dem ausgezogenen Funken auf einmal alle E. des Deckels erschöpft, man kann ihm aber dieselbe durch ein neues Aufsetzen auf den Kuchen, Be-

rühren und Abheben, sogleich wieder geben, und indem man auf diese Weise wiederholt Funken in den Knopf der Flasche schlagen läfst, die Ladung derselben immer mehr verstärken, bis auf den Punct, wenn die freie Spannung der E. in der Flasche einen Grad erreicht hat, der gleich ist dem Grade der el. Spannung des aufgehobenen Deckels. Man kann auch eine Flasche auf ihrer inneren Belegung negativ laden, wenn man sie auf den Deckel stellt, mit demselben negativ aufzieht, und dann ihren Knopf berührt, oder wenn man sie beim Knopfe hält und den Funken aus dem Deckel in die äufsere Belegung schlagen läfst. Solchergestalt vertritt der Elektrophor die Stelle einer Elektrisirmaschine, die er nebenbei an Wohlfeilheit übertrifft, und kann wegen seiner geringen Gröfse und der langen Dauer seiner E. nach einer einmaligen Erregung durch Reiben sehr bequem zu vielen el. Versuchen gebraucht werden.

Vermittelst geladener Flaschen kann man die Kraft eines Elektrophors beträchtlich verstärken, wie schon VOLTA dieses sinnreiche Verfahren angegeben hat. Man ladet nämlich erst eine Flasche durch den Deckel des Elektrophors, stellt dieselbe auf den Kuchen, fafst den Knopf mit der Hand und führt die Flasche mit ihrer äufseren Belegung auf dem Kuchen hin und her. So entladet sich die äufsere Belegung allmälig durch Abgeben ihrer negativen E. an den Kuchen, während die positive E. durch den Finger eben so stufenweise und ohne eine Erschütterung zu ertheilen abfliefst, und die Basis wird dadurch eine weit stärkere — E., als durch blofses Reiben, erhalten. Entläfst die Flasche nichts mehr, indem man sie auf diese Weise fortrückt, so ladet man sie wieder, und verfährt wie zuvor, bis man mit der Flasche auf dem ganzen Kuchen herum ist. Nur mufs man sich in Acht nehmen, dafs man mit der Flasche dem äufsern Rande der Form, wenn nämlich der Elektrophor nicht isolirt ist, nicht zu nahe komme, weil sich sonst dieselbe leicht durch einen starken Funken auf einmal entladen kann, in welchem Falle man dann von der Erschütterung getroffen wird. Um dieses zu vermeiden, kann man daher auch so verfahren, dafs man, wenn man die Flasche auf die Basis gestellt hat, durch einen Auslader eine Verbindung zwischen dem Knopfe und der Form herstellt, und die Flasche mit einer Glasröhre über den Elektrophor auf dem ganzen Theile seiner Ebene, auf welchem der Deckel beim Gebrauche aufruht, fortschiebt. War der

Elektrophor erst ungemein schwach, und konnte daher die Flasche nur erst schwach durch denselben geladen werden, so wird der, durch die Entladung der Flasche auf demselben verstärkte Elektrophor diese Flasche seinerseits stärker laden, der Elektrophor erhält also auf diese Weise die ganze Verstärkung im Grunde aus sich selbst, und dieses giebt ihm noch mehr Ansprüche auf die Benennung eines *beständigen Elektricitätsträgers*. Fährt man mit dem Knopfe der geladenen Flasche, welcher + E. hat, auf dem Kuchen hin und her, indem man die — E. haltende Belegung in der Hand hält, so erhält der Kuchen + E., wodurch anfänglich seine durch Reiben vorher in ihm erregte — E. aufgehoben wird, und im Fortgange ein Ueberschufs von + E. entsteht[1]. Durch diese Verstärkungsmittel, indem man selbst ganze Batterieen statt einzelner Flaschen zu Hülfe nimmt, und man den Elektrophor in grofsen Dimensionen ausführt, kann man seine Wirkungen denjenigen der stärksten Elektrisirmaschinen ganz gleich machen. Aus dem isolirten Teller des Klindworth'schen Elektrophors zog man nach dem Reiben mit dem Hasenfelle Funken von 4—6″, machte man die Verbindung zwischen der Form und dem Deckel mit der Hand, so erhielt man einen erschütternden Funken wie aus einer starken Leidner Flasche, drei bis vier Funken des aufgehobenen Deckels luden eine Leidner Flasche von einem Quadratfufs Belegung so stark, dafs sie ausströmte. Die Funken des aufgehobenen Deckels fuhren oft blitzähnlich von einer Länge von 15″ und der Dicke eines Gänsekiels auf die Harztafel, und zerschmetterten das Harz.

Theorie des Elektrophors.

Dafs sich die Erscheinungen dieses Werkzeuges ganz auf Vertheilung gründen und ihre Erklärung aus der Theorie der el. Wirkungskreise schöpfen, ist schon aus dem Perpetuellen desselben klar, welches nicht statt finden könnte, wenn der geriebene Harzkuchen etwas von seiner E. mittheilen sollte. Zwar trug Jacquet in der ersten ausführlichen Nachricht vom Elektrophore, in welcher übrigens die Erscheinungen desselben mit aller Genauigkeit angegeben sind, noch sehr verworrene Ideen zur Erklärung desselben vor, indem er von einer Erregung der E. in dem Harzkuchen durch blofse Erstarrung in der metallenen

1 S. *Elektrophor, doppelter.*

Form ausging, und indem er dem Harzkuchen negative E. im Franklin'schen Sinne, d. h. einen Mangel am natürlichen Antheile von E., und also ein Vermögen E. anzuziehen zuschrieb, doch zugleich eben diesem Harzkuchen ein Vermögen beilegte, das el. Fluidum der benachbarten Körper zurückzustofsen. Glücklicher erklärte dagegen Socin[1] und Ingenhouss[2] die Erscheinungen desselben aus den Gesetzen der Vertheilung, und der letztere besonders hat seine Erklärung gänzlich dem Franklin'schen Systeme anzupassen gesucht. Dagegen gründen sich die weit vollkommeneren Erklärungen Wilke's[3] und Lichtenberg's[4] auf die Theorie zweier Materien, welche auch hier, wie von allen el. Erscheinungen eine genügendere Rechenschaft giebt, als die Franklin'sche Theorie.

Da sich die dualistische Erklärung sehr leicht nach dem, was bereits unter dem allgemeinen Artikel *Elektricität* abgehandelt worden ist, in die Franklin'sche Sprache übersetzen läfst, so wird es vollkommen hinreichend seyn, nur die erstere vollständig zu liefern, und die Abweichungen der letztern mit ein Paar Worten bemerklich zu machen. Ich gebe diese Theorie hier so, dafs daraus die Ursachen der Erscheinungen in eben der Ordnung erhellen, in welcher oben die Erscheinungen selbst abgehandelt worden sind.

1. Setzt man auf die durch Reiben negativ el. gewordene Fläche des Harzkuchens den isolirten Deckel, so wird seine 0 E. durch Anziehung des + E. von dem — E. des Harzkuchens, und Zurückstofsung des — E. vertheilt oder zersetzt. Es verhält sich alles hierbei eben so, wie wenn ein 0 el. Leiter in den Wirkungskreis eines positiven oder negativen Conductors gebracht wird, nur mit dem Unterschiede, dafs wegen der ebenen Beschaffenheit der Fläche, und wegen der grofsen Adhäsion der E. an Nichtleiter, besonders Harze, der indifferente Leiter in unmittelbare Berührung mit dem elektrisirten Nichtleiter gebracht werden kann, ohne dafs ein Uebergang der E. statt findet, und daher eine verhältnifsmäfsig um so gröfsere Menge von

1 Anfangsgründe der E. Hanau 1778. 8. Achte Vorlesung.

2 Philos. Trans. Vol. 68. P. II. p. 48. übers. in den Leipziger Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte. II. Bd. 5tes St. S. 515.

3 Schwed. Abhandl. XXXIX. 54. 116. und 200.

4 6te Aufl. von Erxleben's Anfangsgründen der Naturlehre. Göttingen 1794.

0 in + und — zerlegt wird. Hebt man den Deckel aber unberührt wieder ab, so hören die Wirkungen der Vertheilung, welche vom geriebenen Harzkuchen ausgingen, wieder auf, das + und — E. des Deckels treten wieder in ihr natürliches Gleichgewicht, und der Deckel zeigt nach wie vor 0 E. Hat indefs der Deckel scharfe Ecken oder Spitzen, so kann, während der Deckel noch auf dem Kuchen aufruht, das zurückgetriebene mit freier Spannung begabte — E., auch ohne dafs der Deckel vom Finger berührt wird, wenigstens zum Theil entweichen, oder sich mit einem verhältnifsmäfsigem Theile + E. aus der umgebenden Luft zu 0 neutralisiren, und wenn dann der Deckel aufgehoben wird, so findet sich nicht mehr das volle — E., um das während des Aufruhens des Deckels gebunden gewesene und nun wieder frei gewordene + E. vollkommen zu neutralisiren, und der Deckel kann also unter diesen Umständen freie positive E. geben.

2. Wird der Deckel auf dem Kuchen liegend berührt, so verbindet sich sein zurückgestofsenes und frei gewordenes — E. mit eben so viel + E. des Fingers durch einen Funken. Dieses (+ —) E. ist = 0, und nachdem der Funken genommen worden ist, mufs also der Deckel wieder vollkommen indifferent seyn, da das + desselben durch das — E. des Kuchens vollkommen gebunden ist. Uebrigens gilt, was die Art der Vertheilung der beiden Elektricitäten in dem Deckel des Elektrophors in dem Augenblicke, dafs er auf dem Harzkuchen aufruht, betrifft, alles dasjenige, was über diese Vertheilung und einen gewöhnlichen Leiter unter dem allgemeinen Artikel *„Elektricität“* bereits aus einander gesetzt worden ist. Das — E. der obern Seite des Kuchens wirkt indefs nicht blofs auf das 0 E. des Deckels, wenn derselbe aufgesetzt wird, sondern auch auf das 0 E. der untern Seite oder der Form, und bindet im Verhältnifs der Distanz, welche von der Dicke des Harzkuchens abhängt, das + E. desselben; dadurch wird — E. an dieser untern Seite des Kuchens frei, geht aber, wenn die Basis nicht isolirt ist, in den Tisch über, oder sättigt sich mit + E. aus demselben; wird aber der Deckel aufgesetzt, so ändern sich die Umstände. Das — E. des Kuchens zieht jetzt das + E. des Deckels an, und kann daher nicht mehr soviel + E. der untern Seite binden; doch erreicht diese Wirkung auf das + E. des Deckels und die Abnahme der Wirkung auf das + E. der Form

oder das Freiwerden desselben dann ihr Maximum, wenn zugleich das — E. des Deckels, das seiner Seits auch noch gegen das vorher mit ihm zu 0 verbunden gewesene + E. eben desselben Deckels anziehende Wirkung äufsert, und daher seine Wirkung auf das — E. des Kuchens beschränkt, von Aufsen beschäftigt oder abgeleitet wird. Daher in dem Augenblicke der Berührung des Deckels das Leuchten der vergoldeten Leisten einer Commode durch das Ausströmen des frei gewordenen + E.; berührt man ferner, statt des Deckels allein, Deckel und Form zugleich, indem man den einen Finger erst an die Form ansetzt und dann am Deckel schliefst, so wirken gleichzeitig beide Elektricitäten in den Finger ein, da in dem Augenblicke, dafs man oben schliefst, und das — E. des Deckels ableitet, auch das + E. an der Form sich nun erst entladet, und mit dem — E. im Finger selbst sich ausgleicht.

3. Weil bei dieser leitenden Verbindung der Form und des Deckels + E und — E. einander sättigen, indem gerade soviel + E. verhältnifsmäfsig frei wird, als von dem + E. des Deckels das — E. des Kuchens gebunden hat, und diesen letzteren + E. auch das frei gewordene — E. des Deckels proportional seyn mufs, so zeigen nach dieser Berührung Form und Deckel weiter keine freie E. mehr.

4. Hebt man aber nunmehr den Deckel auf, und bringt ihn aus dem Wirkungskreise des Kuchens heraus, so wird sein vorher durch das — E. des Kuchens gebunden gewesenes + E. wieder frei, und giebt einem genäherten Leiter einen positiven Funken. Hat man vorher Deckel und Form zugleich berührt, so ist dieser Funken stärker, weil wegen der Anziehung des + E. der untern Seite des Kuchens durch das — E. des Deckels, das — E. des Kuchens stärker auf den Deckel wirken, mehr 0 zersetzen und mehr + E. anziehen konnte.

5. Aus dem Angeführten ergiebt sich auch ohne weiteres von selbst, dafs der nach der Berührung aufgehobene Deckel positiv seyn mufs, wenn die obere Seite des Kuchens negativ ist.

6. Dagegen mufs der Deckel vor der Berührung unter denselben Umständen negative E. zeigen.

7. Die jedesmalige Erneuerung der Wirkung bei jedesmaliger Wiederholung des Verfahrens ohne merkliche Schwächung erklärt sich daher, weil der Kuchen hierbei *nicht durch Mittheilung* sondern *blofs durch Vertheilung* wirkt.

8—9. Diese dem ersten Anscheine nach zum Theil sonderbaren Erscheinungen erklären sich gleichfalls genügend, wenn man nur auf folgende schon in dem Artikel „*Elektricität*“ im Allgemeinen entwickelten Sätze Rücksicht nimmt, dafs freie E. ihre vertheilende Wirkung, d. h. ihre Anziehung gegen die ihr entgegengesetzte, und ihre Zurückstofsung gegen die ihr gleichnamige, die zusammen die el. Indifferenz bilden, nach allen Richtungen ausübt, dafs die Gröfse dieser Wirkung stets eine Function sowohl der Energie der freien E. selbst, als auch der Entfernung ist, von welcher der el. Körper auf diejenigen wirkt, welche eine solche Vertheilung zulassen, und daher zunimmt, sobald entweder die Entfernung abnimmt, oder die Quantität vergröfsert wird, und dafs endlich diese Wirkung mit einer gewissen Langsamkeit durch Schichten von Nichtleitern von einer schon merklichen Dicke sich hindurch erstreckt, dagegen durch Leiter mit einer so gut als instantanen Geschwindigkeit fortpflanzt. So findet also in dem Versuche 8 die Wirkung der negativ elektrisirten Oberfläche des Harzkuchens auf das 0 der Form eben so statt, wie auf das 0 des Deckels, welche Form in gewissem Sinne einen untern Deckel oder eine untere Belegung des Harzkuchens darstellt, von welchem der Deckel die obere Belegung ist. Aus dem 0 wird also das + E. von dem — E des Harzkuchens wegen seiner überwiegenden Menge stärker angezogen und das — E. stärker zurückgetrieben als das — sein + anzieht und von demselben zurückgehalten wird. Es mufs also freies — E. in der isolirten Form in dem Augenblicke zum Vorschein kommen, in welchem der Harzkuchen gerieben wird. Setzt man alsdann den Deckel auf, so wirkt dieser durch sein + E. welches er in seinem 0 mitbringt, gleichzeitig auf das — E. der obern Fläche des Harzkuchens; dieses + wird verhältnifsmäfsig einen Theil dieses — beschäftigen, dadurch wird die Wirkung dieses — auf das 0 der Form, oder vielmehr seine anziehende gegen das +, seine zurückstofsende gegen das — abnehmen, ein Theil + und — wird sich wieder zu 0 verbinden, das — der Form wird schwächer werden, aber sich doch immer noch als — behaupten, zugleich wird aber auch ein Theil des 0 des Deckels zerlegt, das + E. angezogen und gebunden, das — E. zurückgetrieben werden, und als freie negative E. nach aufsen wirken, beide Belege werden also nunmehr negativ erscheinen. Berührt man aber den Deckel, so kann demselben

neue positive E. zugeführt werden, wodurch seine freie negative E. auf 0 zurückgeht, und also die positive E. des Deckels ihre vorher zwischen die negative des Deckels und die negative des Harzkuchens getheilte Wirkung ausschliefslich auf die letztere ausüben kann. Dadurch wird diese bei dem Mangel einer in Betracht kommenden Entfernung zwischen dem Deckel und Kuchen, und da im Augenblicke der Berührung des Deckels ein unerschöpflicher Quell von + für das — des Harzkuchens vorhanden war, vollkommen gebunden, auch ein Theil negativer E. der in dem Harzkuchen durch die repulsive Kraft der an der Oberfläche befindlichen etwas hineingedrängt worden war, nach aufsen gezogen, und durch das + des Deckels latent gemacht, und dadurch die Wirkung auf das + E. der Form vernichtet. Dieses verbindet sich wieder mit seinem — zu 0. Die Pendel des Elektrometers gehen demnach zusammen, und da es unvermeidlich ist, dafs während der Anstellung des Versuchs ein Theil des frei gewesenen —E. der Form, wenn auch nur durch die Luft abgeleitet wurde, so wird das frei gewordene + E. nicht vollkommen zu 0 neutralisirt werden können, weil seine verhältnifsmäfsige Menge mehr beträgt, und die Kügelchen des Elektrometers werden also mit positiver E. aus einander gehen. Wird dagegen der Deckel aufgehoben, so tritt wieder die vorige Wirkung des —E. des Harzkuchens auf das + E. der Form ein, und da auch von diesem während des Versuchs ein Theil entwichen seyn mufste, so ist es nicht mehr hinreichend das — E. des Kuchens vollkommen zu befriedigen, vielmehr zerlegt dieses noch einen Antheil von $\dot{+}\dot{-} = 0$, welches in der Form noch zurück ist, zieht das + E. an und macht das — frei, welches also nunmehr auf das Elektrometer wirken kann.

10. Dafs bei isolirter Basis, auch nachdem man bei dem aufgesetzten Deckel den stechenden negativen Funken genommen hat, doch noch ein erschütternder empfunden wird, wenn man, während der eine Finger mit dem Deckel in Verbindung bleibt, einen andern Finger an die Form bringt, erklärt sich daraus, dafs das + E. der Form nun erst in Wechselwirkung mit — E. im Deckel treten kann, und in diesem Augenblicke das — E. des Kuchens gleichsam auf neues 0 des Deckels einwirkt, und dieses zurücktreibt, welches im Finger sich mit dem + der Form ausgleichend eben die erschütternde Empfindung verursacht.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

11. Der Erfolg von dem unter dieser Nummer angegebenen Versuche erklärt sich schon hinlänglich nach dem Principe der Identität, da in demselben die Verhältnisse wieder hergestellt werden, unter welchen sich nach No. 2 keine weitere Spur von freier E. im Deckel mehr zeigte.

So verwickelt diese Theorie dem ersten Anblicke nach auch erscheinen mag, so ist sie doch höchst einfach, und erfordert nur darum viele Worte, weil so mancherlei Phänomene daraus zu erklären sind. Alles beruht auf dem einfachen Gesetze der el. Wirkungskreise, welchem gemäfs mit Abänderung der Umstände und Bedingungen die Erscheinungen sich eben so mannigfaltig modificiren müssen. Leicht läfst sich, wie schon oben bemerkt ist, diese Erklärung auch in die Sprache des Franklin'schen Systems übersetzen, wobei statt der doppelten Thätigkeit beider Elektricitäten nur die eine der positiven in Betracht zu ziehen ist, übrigens alle Bestimmungen, die sich auf den Einfluſs der Entfernung, der Quantität der E. und des Unterschiedes zwischen Leitern und Nichtleitern beziehen, auf ganz gleiche Weise ihre Anwendung finden. — Treffend bemerkt Gehler[1], daſs man sich nicht leicht werde vorstellen können, wie ein Mangel, den man diesem Systeme gemäfs in dem durch Reiben negativ el. gewordenen Harzkuchen voraussetzen muſs, diejenige Thätigkeit hervorbringen könne, die gleichsam augenscheinlich von dem Harzkuchen ausgeht, von welchem man im Dunkeln beim Reiben selbst das el. Licht in Büscheln ausströmen sieht.

De Lüc hat gleichfalls die Erscheinungen des Elektrophors aus seiner oben in ihren ersten Grundzügen abgehandelten Theorie der E. zu erklären versucht[2]. Er betrachtet dieselben unter der Bedingung, daſs der Elektrophor durch seine Basis mit dem Erdboden in Verbindung sey. Durch das Reiben verliert, ihm zufolge, die obere Fläche des Harzkuchens etwas von ihrem el. Fluidum, der sogenannten el. Materie im engern Sinne, indeſs die entgegengesetzte Fläche es gewinnt. Eine geriebene Harzfläche soll dieses el. Fluidum verlieren, weil der reibende Körper sich leichter des durch Reiben in Bewegung gesetzten Fluidums bemächtigt, und weil sogleich der kleine Ueberschuſs,

1 Wörterb. I. 830.

2 Neue Ideen über die Meteorologie I. 255.

den er empfängt, durch die Hand dessen, der den Versuch anstellt, in den Boden strömt. Durch diesen Verlust an el. Fluidum verliert die geriebene Fläche ihr fortleitendes Fluidum, und die entgegengesetzte Fläche theilt ihr davon sogleich mit. Aber alsdann widersteht das el. Fluidum dieser letztern nicht mehr so stark, und sie erhält daher eine kleine Menge, die sich hier verdichtet, d. h. sie wird positiv. Die Grenze dieser entgegengesetzten Veränderungen findet sich in dem Widerstande der geriebenen Fläche, mehr als eine gewisse Menge fortleitendes Fluidum dem reibenden Körper abzutreten, und ihre Dauer rührt daher, dafs selbst dann, wenn das Reiben aufhört, diese Fläche nur sehr schwer das verlorene Fluidum wieder annimmt. Denn das el. Fluidum, welches sich auf der entgegengesetzten Seite angehäuft hat, theilt mit jener (der obern Seite) sein fortleitendes Fluidum, und verschafft also dem el. Fluidum, das ihr noch übrig ist, eine Vermehrung der ausdehnenden Kraft, welcher Umstand nicht nur dazu beitrug, dafs sie von solchem verlor, sondern auch hinwiederum vermittelt, dafs der leitende Körper welcher in Verbindung mit der andern Fläche (der Basis) ist, ihr nicht das el. Fluidum, was sie erlangt hat, raube. So wird also selbst die Ursache dieser entgegengesetzten Modificationen zweier Oberflächen einer nicht leitenden Platte die Ursache ihrer Dauer, obgleich diese Oberflächen in Verbindung mit leitenden Körpern sind. Man sieht also, warum die nicht leitende Schicht eines Elektrophors so dünn als möglich seyn mufs, und warum selbst, wenn sie eine gewisse Dicke hat, das Reiben ihrer offenen Oberfläche fast keine Wirkung hervorbringt. Denn da die erste kleine Wirkung, die man hervorgebracht hat, sich nicht auf der entgegengesetzten Oberfläche wegen ihres Abstandes verspüren läfst, so folgt keine andere, und sie selbst wird bald durch die Berührung leitender Körper zerstört. Es folgt daraus, dafs je dünner die nicht leitende Schicht ist, wenn sie nur stetig ist (ohne Sprünge, Risse) desto mehr erlangt und erhält der Elektrophor seine Kraft, denn die Folge davon ist, dafs die beiden Oberflächen stärker ihre entgegengesetzten Zustände erlangen und sich wechselseitig in demselben Verhältnisse helfen, sie zu erhalten.

De Lüc entwickelt ferner seine Theorie an dem Apparate einer Ladungsscheibe, deren Belege an isolirenden Füfsen befestigt sind, und von derselben abgezogen werden können, oder

an dem Wilke'schen Apparate einer entladenen Ladungsplatte. Indefs liegt es aufser den Grenzen dieses Wörterbuches, der Erklärung DE LÜC's in dieser Hinsicht im Detail zu folgen, einer Erklärung, die sehr künstlich ausgesponnen ist, und die denselben Einwürfen unterliegt, welche man schon in dem allgemeinen Artikel „*Elektricität*" dagegen aufgestellt findet. Nur möge hier noch die Bemerkung stehen, dafs DE LÜC in seiner Theorie die wechselseitige Einwirkung der obern und untern Fläche eines Elektrophors auf einander, und die Unterstützung, die sie sich wechselseitig leisten, zu hoch anschlägt, und mit Unrecht unter die Kategorie der Ladung einer isolirenden Schicht bringt. Unstreitig fällt bei einer solchen die Ladung um so stärker aus, je dünner die Platte ist, die beide Belegungen trennt, wenn sie anders dem Durchbruche der E. von einer Seite zur andern gehörigen Widerstand leisten kann, und eine beträchtliche Dicke derselben wird gleichsam jede Ladung hindern. Beim Elektrophore wird aber unabhängig von der Gegenwirkung der untern Fläche unmittelbar durch das Reiben die E. erzeugt, und hängt hauptsächlich von der Stärke dieses Reibens und dem passendsten Verhältnisse des Reibzeuges zur geriebenen Fläche ab. Es ist im Wesentlichen derselbe Fall wie bei der Erregung der E. einer Elektrisirmaschine durch Reiben, wo sogar die beiden einander entgegengesetzten Flächen des idioelektrischen Körpers (z. B. der Glasscheibe) auf gleiche Weise gerieben und in ihrem el. Zustande gleichmäfsig modificirt werden, indem sich hier der Gegensatz lediglich auf das Reibzeug bezieht. Auch spricht die Erfahrung unmittelbar gegen einen so auffallenden Einfluss der Dicke des Harzkuchens auf seine Wirksamkeit als Elektrophor, wie er aus DE LÜC's Theorie hervorgeht. Ich habe einen Harzkuchen von der Dicke von einer Linie bis zu der von anderthalb Zollen giefsen lassen, und keinen sehr merklichen Unterschied in ihrer Wirksamkeit beobachten können, wenn nur ihre Durchmesser dieselben, ihre Oberflächen gleichmäfsig eben waren und derselbe Deckel angewandt wurde. Ein sehr dünner Harzkuchen, der besonders gut im Gusse ausgefallen war, leistete fast dieselbe Wirkung, ob er auf einer Stanniolplatte, die selbst auf dem Tische sich befand, oder auf einem andern dicken Harzkuchen unmittelbar aufruhte. Dafs übrigens die durch das Reiben zu erregende negative E. auf einen höheren Grad getrieben werden kann, wenn ein Theil derselben

bei ihrer Erregung sogleich wieder durch die Gegenwirkung der untern Fläche gebunden und latent wird, und dafs damit die Wirksamkeit des Elektrophors etwas gesteigert werden kann, wenn man dann diesen gebunden gewesenen Theil dadurch wieder in Thätigkeit setzt, dafs man zwischen der Basis und dem Deckel eine leitende Verbindung macht, soll nicht geleugnet werden, und ergiebt sich hinlänglich aus dem früher Gesagten.

Was nun noch die Erklärung der merkwürdigen Thatsachen betrifft, dafs eine Ladungsplatte mit von derselben abtrennbaren Belegen nach vorangegangener Ladung durch die Entladung ohne weiteres einen Elektrophor in voller Wirksamkeit darstellt, und selbst von gröfserer Wirksamkeit, als wenn man die Glasplatte nach Art eines Harzkuchens behandelt, so ergiebt sich dieselbe leicht daraus, dafs bei jeder Ladungsflasche oder Ladungsplatte nach der ersten Entladung stets ein Rückstand von Ladung sich erhält, der sich nur allmälig durch die Belege verliert. Dieser Rückstand von Ladung hängt vorzüglich von einem Antheile von E. ab, der bei zunehmender Ladung gleichsam in das Innere des Glases hineingedrängt worden ist. Da die Belege, insbesondere diejenigen, die von der Glasfläche trennbar sind, kein eigentliches Continuum mit dieser bilden, so ist theils die dünne Luftschicht zwischen beiden, theils auch die ebene Oberfläche mit welcher die Belege und das Glas einander gegenüberstehen, und wohl auch die Adhäsion der E. an die Isolatoren ein hinlängliches Hinderuifs für den Uebergang dieses Rückstandes an die Belege, welcher dann nur durch Vertheilung wirkt. Es versteht sich von selbst, dafs diejenige Seite des Glases, an welcher die positive Ladung statt fand, sich positiv verhalten, und also in dem ihr zugehörigen Belege, welches gleichsam den Deckel eines Elektrophors vorstellt, gerade die entgegengesetzten Erscheinungen, wie der negative Harzkuchen hervorbringen wird, während die abgekehrte negative Seite umgekehrt alle Erscheinungen eines gewöhnlichen Elektrophors zeigen mufs.

Nach den bisherigen Erörterungen wird es ganz überflüssig seyn, mehrere Verhandlungen und Streitigkeiten, das Wesen des Elektrophors betreffend, die in den achtziger Jahren vorzüglich zwischen einigen französischen Physikern statt gefunden haben, näher zu erwähnen. Ich meine insbesondere die Streitigkeiten zwischen Aubert, Professor der Physik zu Autun, und

dem Abbé Empain[1]. Ersterer bekämpfte nämlich vorzüglich die Ingenhoufsische Erklärung der Erscheinungen des Elektrophors nach den Principien des Franklin'schen Systems, und insbesondere die Zurückführung dieser Erscheinungen auf die Theorie der Leidner Flasche, deren Bestimmungen und Verhältnisse Ingenhouss im Elektrophor durchgängig nachzuweisen suchte, dagegen suchte der Abbé Empain diese Theorie gegen Aubert's Einwürfe zu rechtfertigen, und theilte bei dieser Gelegenheit einen Abrifs der Theorie Winkler's mit, die im Wesentlichen mit der Ingenhoufsischen übereinstimmt. Darin hatte allerdings Aubert in gewisser Hinsicht Recht, dafs man den Elektrophor und eine Leidner Flasche in ihrem Verhalten nicht als ganz übereinstimmend betrachten könne. Als wesentliche Verschiedenheit führt er namentlich an, dafs eine durchbohrte oder zersprungene Glastafel nicht geladen, wohl aber als Elektrophor gebraucht werden könne, dafs man ferner ein allzudickes Glas nicht laden, wohl aber durch Reiben mit Metall die Erscheinungen des Elektrophors daran hervorbringen könne. Gehler sucht zwar diese Einwendungen durch die Bemerkung zu beseitigen, dafs es bekannt sey, dafs die Scheiben sowohl durch Löcher und Sprünge, als auch durch allzu grofse Dicke zu Elektrophoren eben sowohl als zur Ladung untauglich werden, indefs bleibt der Unterschied doch immer noch auffallend genug, dafs ein Harzkuchen und auch eine Glasscheibe mehrere durch die ganze Masse hindurchgehende Sprünge haben kann, ohne dafs ihre elektrophorische Wirksamkeit dadurch aufgehoben wird, während selbst auch nur der feinste Sprung, das kleinste Loch, eine Glasscheibe zur Ladung gänzlich unfähig macht, und dafs die Dicke einer Scheibe in einem viel stärkeren Verhältnisse ihre Ladungsfähigkeit vermindert, als die Dicke des Harzkuchens seine Brauchbarkeit zum Elektrophore. Das Wahre in der Sache liegt aber darin, dafs ein Elektrophor eigentlich nur mit einer nach vorhergegangener Ladung entladenen, aber nicht mit einer in wirklicher Ladung begriffenen Ladungsscheibe vergleichbar ist, dafs der bei weitem gröfste Theil der E., welche an den Flächen einer geladenen Scheibe sich befindet, durch Berührung der Belege derselben entzogen werden kann, und also hierbei eine *Mittheilung* statt findet, während

---

1. Esprit des Journaux. Fevr. 1788 und daraus im Gothaischen Magazin u. s. w. V. Bd. 3s St. S. 96 ff.

die am Elektrophore durch Reiben erregte E. an seiner Fläche haftet, und nur durch *Vertheilung*, nicht durch *Mittheilung* wirkt. Auch Nicholson[1] hat meiner Meinung nach bei der Vergleichung des Elektrophors mit der Leidner Flasche und seines Zustandes mit demjenigen der Ladung diesen Gesichtspunct nicht fest genug im Auge behalten. Er bemerkt zwar sehr richtig, dafs, wenn man den Harzkuchen eines nicht isolirten Elektrophors mit metallischer Form reibt, an demselben, wie bei jeder geladenen Flasche[2] eine doppelte E. zu unterscheiden ist, nämlich erstens die *Ladung*, oder die vermittelst der compensirenden Kraft der unisolirten unteren Belegung gebundene, und zweitens die zum Erhalten der Ladung erforderliche Portion einfacher E., welche richtiger die mit freier Spannung begabte genannt werden sollte. Indefs ist diese statt findende Ladung beim Elektrophor nur eine nothwendige Folge aber keine Bedingung seiner Wirksamkeit, da alle Erscheinungen auch eintreten, wenn bei Anwendung eines dicken Harzkuchens, ohne eine metallene Form, der überdies noch auf einem Rahmen von seidenen Fäden in grofser Entfernung von dem Tische aufruht, keine solche Ladung eintreten kann. „Wird" so fährt Nicholson fort, „die Metallplatte auf den Harzkuchen gesetzt, und mit dem Finger berührt, so geht wahrscheinlich in den wenigen Stellen der wirklichen Berührung ein Theil der E. in die Metallplatte über, und ist die Intensität stark, so springt auch vielleicht ein anderer Theil derselben durch die dünne Luftschicht hindurch, die zwischen dem Metalle und der Oberfläche des Harzkuchens verbreitet ist." Bei der im Ganzen so gleichförmig bleibenden Wirkung eines einmal geriebenen Elektrophors mehrere Stunden hindurch kann ich indefs einen solchen Uebergang nicht zugeben, weil sonst die E. an der Oberfläche des Kuchens allmälig abnehmen, und also auch die von der Vertheilung abhängigen Wirkungen sich verringern müfsten. Die Wirkungsart der an der Fläche noch zurück bleibenden E. auf den Deckel erklärt Nicholson auf dieselbe Weise, wie dieses oben geschehen ist. In der weitern Erläuterung der Phänomene findet Nicholson einen wesentlichen Unterschied zwischen dem negativen Funken, welchen man aus dem auf dem Harzkuchen aufruhenden, und dem positiven Funken,

1 S. Gilb. Ann. XXIII. 282.

2 S. *Flasche, elektrische.*

welchen man aus dem aufgehobenen Deckel zieht, darin, dafs jener die nach und nach erfolgende Explosion einer Ladung und daher auch viel kleiner, dieser das plötzliche Entweichen eines Antheils einfacher freier E. ist, und daher auch in gröfserer Entfernung überschlägt und auch mehr Geschwindigkeit (?) und Glanz hat, ob er gleich aus weniger E. besteht. Darin hat Nicholson allerdings Recht, dafs in dem Falle, wo das Elektrophor mit seiner Basis auf unvollkommenen Leitern, wie gewöhnlich auf einem Tische, ruht, der negative Funke aus mehreren kleinen Funken besteht, und insofern mit einer allmäligen Explosion einer schwachen Ladung verglichen werden kann, sofern die Ladung des Deckels mit positiver E. oder die Ableitung der negativen nur in dem Mafse geschieht, in welchem die Form ihre vorher gelindere positive E. an den Tisch und durch diesen in den Erdboden abgeben kann, was wegen der unvollkommenen Leitung nur successive geschieht; dafs aber das + weniger betragen sollte, als das abgeleitete —, enthält einen Widerspruch in sich selbst, da ja beide aus demselben 0 hervorgegangen sind, und folglich eben soviel + zurück bleiben mufs, als — abgeleitet worden ist. Uebrigens verdient noch bemerkt zu werden, dafs bei der Verbindung der Form mit dem Deckel durch den Finger der Funken stets nur ein einfacher erschütternder ist, weil in diesem Falle ein guter Leiter beide Elektricitäten zusammenbringt.

Lichtenberg'sche Figuren.

Die merkwürdigen Figuren, durch Aufstreuen von feinen Pulvern, besonders von Harzstaub, hervorgebracht, welche die Spuren der positiven und negativen E. auf eine für jede eigenthümliche Weise auf den Flächen der Nichtleiter, besonders auf glatten, harzigen Oberflächen bezeichnen, werden am passendsten hier abgehandelt, da ihre Entdeckung von dem Elektrophore ausgegangen ist. Lichtenberg in Göttingen, von welchem sie auch ihren Namen erhalten haben, wurde durch einen glücklichen Zufall mit ihnen im Jahre 1777 bekannt[1]. Er bemerkte nämlich, dafs das feine Harzpulver, welches sich beim

1 Vgl. G. Chr. Lichtenberg de nova methodo naturam ac motum fluidi electrici investigandi. In novi Comment. Soc. reg. Goetting. ad annum 1777, Gött. 1777. T. VIII. p. 168.

Zurechtmachen und Abreiben seines grofsen Elektrophors in die Höhe verbreitet, und an die Wände und Bücher allenthalben angesetzt hatte, und durch die Bewegung der Luft öfters zu seinem grofsen Verdrusse sich wieder auf den Deckel des Elektrophors gleichförmig abgesetzt, nachher als der Deckel in die Höhe gezogen worden, auf dem Harzkuchen selbst sich nicht eben so gleichförmig verbreitet, sondern an gewissen Stellen zu Sternen zusammengehäuft hatte, die zwar erst nur schwach und blafs, durch absichtliches Bepudern aber schöner hervortraten. Bisweilen erschienen fast unzählige Sterne, wie Milchstrafsen, und gröfsere Sonnen, Bogen, welche von der convexen Seite mit Strahlen versehen waren, die niedlichsten Verzweigungen, denen ähnlich, welche die gefrornen Fensterscheiben zeigen, wobei er zugleich beobachtete, dafs sie weit entfernt durch Abwischen mit einer Feder oder einem Hasenfufse vertilgt zu werden, nur gleichsam noch schöner durch neu auffallenden Staub wurden. Es zeigte sich bald, dafs da, wo jene schönen Sterne in Menge sich zeigten, eine positive Ausströmung von dem aufgehobenen Deckel nach dem Elektrophore statt gefunden hatte, welche im Dunkeln in sehr sichtbaren Feuerbüscheln sich zu erkennen gab, und wodurch der Harzkuchen an dieser Stelle positiv el. geworden war, wie auch ein kleinerer Deckel zeigte, der auf diese Stelle aufgesetzt, berührt und wieder aufgehoben sich negativ verhielt. Diese vorläufigen Beobachtungen veranlafsten eine Reihe von Versuchen, um dieser merkwürdigen Eigenschaft der E. weiter nachzuspüren, welche Lichtenberg sowohl in dieser als in einer zweiten Abhandlung[1] genauer beschrieben, und deren Resultate er durch mehrere Abbildungen erläutert hat.

Man bedient sich zu Anstellung dieser Versuche am besten kleiner, dünner, aus Gummilack, Harz oder Schwefel geschmolzener Tafeln, oder auch kleiner Glastafeln, die auf einer oder beiden Flächen mit einer dünnen Harzschicht überzogen sind, oder auch kleiner eben so überzogener Blechtafeln. Auf diese setzt man einen Metallring, der von verschiedenem Durchmesser seyn darf, je nachdem man die Figuren gröfser oder kleiner darstellen will, und der sich in eine Kugel oder Spitze endigen kann. Setzt man ein solches mit einer Kugel versehenes Me-

1 Commentat. poster. etc. in Comment. Soc. reg. Goett. ad ann. 1778. Goett. 1779.

tallrohr auf eine der beschriebenen Tafeln von Harz oder Gummilack und theilt demselben aus einem positiv el. Conductor oder noch besser aus einer positiv geladenen Leidner Flasche einen Funken mit, nimmt dann den Metallring mit der Hand weg, und bepudert die Tafel mit Harzstaub, so wird eine mit den schönsten sich verzweigenden Strahlen umgebene Sonne erscheinen. Fig. 160. Entfernt man den Metallring statt mit der Hand mit einem idioelektrischen Körper, so fehlt der schwarze Ring, von welchem die Strahlen ausgehen. Giebt man dem Metallringe einen negativen Funken und nimmt ihn gleichfalls mit der Hand weg, so erFig. 161. scheint eine ganz andere strahlenlose, von concentrischen Kreisen eingeschlossene, Figur. Setzt man eine solche Gummilacktafel mit ihrer untern Fläche auf einen kurzen Metallring, ihm gegenüber auf die obere Fläche einen anderen, und giebt letzterem einen positiven Funken, so zeigt sich nach dem Bepudern auf der obern Fläche eine positive, mit Strahlen umgebene, auf der unteren aber eine der negativen verwandte Figur. Stellt man eine Leidner Flasche auf einen Harzkuchen, und ladet ihre innere Seite positiv, so wird ihr Umfang auf dem Harzkuchen mit Harzstaub bepudert einen schönen mit Strahlen eingefafsten Kreis oder eine positive Figur darstellen; ladet man dagegen die Flasche negativ, so wird der Umfang mehr mit runden Figuren, Kreisen und Ellipsen umgeben seyn. Macht man mit dem Knopfe einer positiv geladenen Flasche, die man in der Hand hält, auf der Fläche eines Harzkuchens Züge wie von Buchstaben, und bepudert dieselben mit Harzstaub, selbst nach einigen Tagen, so werden diese Buchstaben in schönen positiven Figuren sichtbar werden, indem von den gezogenen Strichen seitwärts die niedlichsten Strahlen, die sich in feine Zweige ausbreiten, ausgehen, welche Lichtenberg mit blumenähnlichen Figuren vergleicht. Hat man dieselben Züge mit dem Knopfe einer negativ geladenen Flasche gemacht, so werden diese Buchstaben durch Perlen oder Paternosterschnüre bezeichnet. Ueberall charakterisirt sich die negative E. und ist erkennbar an ihren abgerundeten, theils kreis - oder mondförmigen, theils elliptischen Figuren, ohne eine auffallende Seitenausstrahlung, während die positive E. überall in die niedlichsten Verzweigungen, die in feinere und feinere Aeste sich vertheilen, ausstrahlt, und gleichsam Sonnen (nach der gewöhnlichen Art, sie zu zeichen) und Sterne darstellt. Lichtenberg bemerkt, dafs jedesmal, wenn neue Ver-

suche angestellt werden sollen, die Harzscheiben aufs sorgfältigste abgewischt werden müssen, damit nicht, weil die Figuren sich nur schwer zerstören lassen, beim Gebrauche derselben Tafel *einer* Ursache zugeschrieben werde, was die Wirkung mehrerer ist. Auch müssen die dabei gebrauchten Pulver recht fein seyn, und durch recht feine Leinwand durchgebeutelt werden. Man kann sehr verschiedene Pulver dazu gebrauchen. Lichtenberg bediente sich aufser verschiedenen Harzpulvern des Schwefels und Bärlappsaamens, auch der Pulver von Zucker, weifsem Vitriol, Braunschweiger Grün, Smirgel, Stärkemehl, gemeinem Mehl, des feinsten Messingfeilicht und Eisenfeilicht, doch giebt das feine Harzpulver stets die schösten Figuren. Stellt man diese Versuche in der Guericke'schen Leere an, so breiten sich die Figuren sehr aus, die Strahlen erhalten eine 3— bis 4mal so grofse Länge, haben auch eine gröfsere Breite und in der Mitte gleichsam eine feine Rippe, welche frei von Harzstaub ist, während die concentrischen Ringe nur eine einzige breitere kreisförmige Umgebung bilden, welche durch einen schmalen, von Staub freien, Ring von einem mittleren bestäubten kreisförmigen Flecke getrennt ist. Dafs diese Figuren von der Anziehung und Abstofsung der den Scheiben mitgetheilten und an den bestreuten Stellen haftenden E. gegen die Theilchen der durchgesiebten Pulver abhängen, ist keinem Zweifel unterworfen. Die gleichartig elektrisirten Theilchen der Pulver werden begreiflich von den ihnen gleichartig elektrisirten Stellen des Harzkuchens, abgestofsen, und von den ungleichartig elektrischen angezogen, und die Gestalt der Figuren wird also theils davon abhängen, nach welchem Gesetze das el. Fluidum auf solchen idioelektrischen Flächen, wie Harzkuchen, Glasplatten u. s. w. seinen Weg nimmt und sich verbreitet, theils auch davon, welche Art von E. die durchgesiebten Pulver selbst annehmen. Lichtenberg hat zwar diesen letztern Umstand als untergeordnet darzustellen gesucht, indem ja auch metallische Pulver, von denen er voraussetzt, dafs sie beim Durchsieben keine E. erhalten, diese Figuren auf gleiche Weise, wenn auch nicht in derselben Schönheit, wie die Harzpulver, darstellen. Indessen wissen wir jetzt sehr wohl, dafs auch Metallpulver so wie alle Körper, beim Reiben an andere el. werden, und da die Metallpulver nach dem Durchsieben blofs mit der Luft in Berührung gekommen sind, so werden sie die beim Durchgange durch die Lein- Fig. 162 u. 163.

wand erregte E. beibehalten, ja wenn sie selbst nicht durch Leinwand durchgeschüttelt würden, so könnten sie doch schon beim Durchgange durch die Luft durch Reibung an dieser schwach el. werden. Welchen Einfluss die durch das Reiben beim Durchgange durch die Leinwand erregte E. der Pulver auf das Gelingen der Versuche habe, beweiset der Versuch DE LÜC's, dass bei einer lockern Leinwand, die weniger rieb, ganz unregelmäfsige, hingegen bei einer feinen Leinwand, wo man stark schütteln mufste, sehr schöne und bestimmte Figuren entstanden. LICHTENBERG selbst theilt einen interessanten Versuch mit, der den Einfluss der eigenthümlichen E. der Theilchen des Pulvers auf ihre Auflagerung beweist. Wenn man eine Leidner Flasche auf einen Harzkuchen stellt, der mit einer dünnen Schale eines feinen Harzpulvers, oder eines andern beliebigen Pulvers, das zu diesen Versuchen dienen kann, bedeckt ist, und die Flasche positiv ladet, so wird das aus der äufseren Belegung ausgetriebene + E. indem es auf den Harzkuchen übergeht, einen Theil des Harzpulvers positiv machen, welcher, da er dann einerlei E. mit dem gleichfalls positiv gewordenen Kuchen hat, nach der negativ el. äufsern Belegung zurückgetrieben werden wird, die niedlichsten Verzweigungen, ihres Harzpulvers beraubt, auf dem Harzkuchen zurücklassend, wo demnach die leeren Stellen den Weg des + E. durch ihre Strahlenausbreitung bezeichnen, wie sonst die beim Durchstäuben durch Leinwand negativ werdenden Theilchen des Harzstaubes, die sonst von eben diesen Stellen angezogen werden. Bestreuet man hierauf denselben Harzkuchen, auf welchem die Flasche sich befindet, mit Schwefelpulver, das mit Zinnober gefärbt ist, so werden die zuerst von ihren Harzpulvern beraubt gewordenen Verzweigungen das rothe Pigment an sich ziehen, und nicht mehr nach der äufsern Belegung zurücktreiben. Offenbar liegt der Grund darin, dass der Zinnober beim Durchstäuben mit Schwefel negativ el. geworden ist, und also von den positiv el. leeren Stellen, die die Flasche umgeben, angezogen wird. Der Mechanicus BIENVENU[1] hat diesen Versuch etwas abgeändert als neu beschrieben. Er beschrieb nämlich mit dem Haken einer Leidner Flasche die erst positiv, und dann negativ geladen wurde, auf dem Kuchen eines Elektrophors nach Willkür Züge,

1 Journ. de France 1788. No. 9.

und bepuderte sie dann mit einem Gemenge von Mennige und Schwefelblumen. Die positiven Züge nehmen blofs die Schwefelblumen an, welche die bekannten Strahlen und Ramificationen bilden, die negativen stellen sich durch die Mennige als rothe Paternosterknöpfchen dar.

Cavallo, der auf den Einfluss der eigenthümlichen E., welche das Pulver beim Schütteln auf die Platte erhält, zuerst aufmerksam gemacht zu haben scheint[1], hat zugleich auch durch eine Reihe von Versuchen die E. ausgemittelt, welche verschiedene Pulver, je nachdem sie von diesem oder jenem Gefäfse ausgeschüttet werden, annehmen. Harzstaub fand er stets negativ, wenn man ihn von Papier, Glas oder einem metallenen Löffel herabfallen liefs; Schwefelblumen eben so nur im geringeren Grade; gestofsenes Glas, von trockenem und warmem Papier herabfallend, negativ doch im geringeren Grade als Harzstaub, von einem metallenen Gefäfse dagegen positiv; Eisenfeilicht aus einer gläsernen Flasche oder von Papier geschüttet negativ; Messingfeilicht bei gleicher Behandlung positiv; Amalgam von Stanniol und Quecksilber negativ; Schiefspulver oder sehr feinen Bimsstein aus einer gläsernen Flasche geschüttet negativ; Quecksilber aus einer gläsernen Flasche positiv; Glanzrufs aus einem Schornsteine oder die Asche von den gemeinen Steinkohlen, vermischt mit kleinen halb verbrannten Kohlen, von einem Stück Papier geschüttet, negativ. Cavallo stellte diesen Einfluss der eigenthümlichen E. der Pulver auf ihre Anlagerung durch einen Versuch mit einem Gemenge von pulverisirtem Drachenblut und arabischem Gummi dar, womit er eine Glastafel bepuderte, deren Oberfläche er mit dem Knopfe einer mäfsig positiv geladenen Flasche überfahren hatte. Beide Pulver trennen sich in diesem Falle auf der Glastafel; das rothe Pulver des Drachenblutes wird auf gewisse Stellen, und das weifsliche des arabischen Gummis auf andere fallen, beide zusammen bilden eine längliche strahlige Figur, die aus verschiedenen Farben besteht, welche in der gröfsten Mannigfaltigkeit mit einander abwechseln. Wenn man statt mit Glas, mit vorher durch Erwärmung recht gut ausgetrocknetem Papiere verfährt, und nach dem Bepudern mit dem Gemenge das Papier an das Feuer hält, so schmelzt das Drachenblut und bleibt an dem Pa-

1 Vergl. dessen vollständige Abhandlung u. s. w. 4te Ausg. II. 6.

pier hängen, man kann dann das Pulver des arabischen Gummis mit dem Schnupftuche wegwischen, und hat nun die durch das Drachenblut gebildete Figur auf dem Papiere rein und fixirt. Um diese Figuren zu fixiren, kann man auch nach Lichtenberg's Vorgange ein mit einer klebrigen Materie überstrichenes schwarzes Papier an die Figuren gelinde andrücken, und dann abziehen, wo dann der Harzstaub in seiner eigenthümlichen Anordnung an dem Papiere hängen bleiben wird. Nach Bennet ist es sogar hinreichend, das Papier, womit man solche Abdrücke von Figuren sich verschaffen will, nur gehörig im Wasser einzuweichen, zwischen den Blättern eines Buchs die überflüssige Feuchtigkeit auszudrücken, und auf die glatte Scheibe von Harz, auf welcher sich die Figur befindet, gelinde anzudrücken, wo dann der Harzstaub an dem Papiere hängen bleiben wird. Da in diesem Falle der nach aufsen befindliche Harzstaub nur lose anhängt, so kann man das Papier dann noch mit der bedeckten Seite auf ein Gefäfs mit Wasser legen, wo das überflüssige Pulver in dem Gefäfse mit Wasser zu Boden sinken wird, und die Figuren sich nachher auf dem Papiere nicht so leicht verwischen lassen.

Diese Figuren zogen ganz besonders de Lüc's Aufmerksamkeit auf sich, der in ihnen eine Bestätigung seiner el. Theorie und der eigenthümlichen Rolle, welche diese Theorie den beiden Elementen des el. Fluidums, dem fortleitenden Fluidum und der el. Materie anweiset, zu erkennen glaubte[1]. Er bediente sich zu seinen Versuchen darüber sehr dünner Glasplatten, mit schwarzem Siegellack überzogen, das er darauf siebte und schmelzte. Einige waren mit dem Lack auf beiden Seiten, andere nur auf einer, bedeckt; auf einigen liefs er zwischen dem Lack leere Stellen, um auch mit dem Glase selbst Versuche zu machen. Man kann solche Platten sehr lange gebrauchen, und darf nur das Siegellack am Feuer erweichen, um die vorigen Figuren ganz wegzubringen. Diese Platten liefs er auf zwei überfirnifsten Glasarmen ruhen, die auf einem isolirenden Fufse standen. Daran befindet sich ein gläserner Arm, an dessen Ende man einen Leiter, z. B. eine metallene Kugel, Platte, Röhre u. dergl. anbringen, und über jede Stelle der Glasscheibe schie-

1 Seine zahlreichen Reihe von Versuchen beschreibt derselbe in seinen neuen Ideen über die Meteorologie. I. S. 390. u. ff.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ben kann. Ein anderer isolirender Fuſs trägt am Ende eines andern gläsernen Armes einen ähnlichen Leiter, den man von unten an jede Stelle der untern Seite der Scheibe bringen kann, so daſs beide Leiter einander gegenüber stehen. Ein dritter metallner oder sonst leitender Fuſs trägt einen beweglichen Arm, wodurch der Leiter an der untern Seite mit dem Boden verbunden werden kann. Die Leiter können mancherlei Gestalten haben, nur müssen sie wenigstens $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch seyn, damit der Knopf der Flasche, womit man sie elektrisirt, der Platte nicht zu nahe komme. Mit ihrer Basis müssen sie auf der Platte ruhen. Die schönsten Figuren erhält man durch positives Elektrisiren, wenn der Leiter eine Röhre von 1 Zoll Durchmesser zur Basis hat.

Mit diesen Platten hat DE LÜC die Versuche auf mancherlei Art abgeändert, z. B. dem obern Leiter einen Funken gegeben, und ihn hernach entweder mit der Hand weggenommen, oder durch den isolirenden Arm weggeschoben; oder vor dem Wegnehmen erst die Verbindung des untern Leiters mit dem Boden aufgehoben; oder diese Verbindung schon vor dem Funkengeben aufgehoben; oder den untern Leiter ganz weggelassen. Jede Abänderung im Verfahren giebt den Figuren ein anderes charakteristisches Kennzeichen, und wenn man dabei Leiter von fünferlei verschiedenen Gestalten gebraucht, so erhält man 80 Varietäten von Figuren, wobei sich das Zufällige besser unterscheiden läſst, wenn man gröſsere Platten, etwa von 6 Zoll ins Gevierte, wählt, und jede Operation an verschiedenen Stellen wiederholt. Man kann noch zwei Abänderungen durch das Bepudern machen, indem man gleich nach dem Funkengeben, noch vor Wegnehmung des Leiters, oder indem man noch vor dem Funkengaben bepudert. DE LÜC ist noch bei weitem nicht in alle Einzelnheiten dieser Fälle eingedrungen; nur der allgemeine Gang ist es, was er durch anhaltende Bemühungen zu fassen vermocht hat.

Die beiden Seiten der Platte sind hier einander so nahe, daſs sie stets beide gemeinschaftlich auf den Staub wirken; daher seine Lage durch beide bestimmt wird. Er setzt sich also am häufigsten nicht eben auf die Theile, welche das meiste + E. besitzen, sondern auf die, wo die Anhäufung am wenigsten durch das — E. der entgegengesetzten Seite gehindert wird. Die Stellen, welche der Leiter wirklich berührt, und die dem beleg-

ten Theile der Kleist'schen Platte ähnlich sind, nehmen hier nur einen kleinen Raum ein, in dem sich wenig unterscheiden läfst: doch bemerkte DE LÜC darin kleine Sterne bei + E., kleine Flecken, wie Perlen, bei — E. Eben dieses fand er auch an den belegten Theilen einer geladenen Platte von schwarzem Lack, aber um die Belegungen herum hatten sich Figuren gebildet, die denen auf den Glasplatten ähnlich waren, und denselben Gesezzen folgten.

Der erste allgemeine Charakter bei diesen Figuren besteht in *negativen Streifen*, welche mit positiven eingefafst sind, und den Umrissen der Stelle folgen, welche der leitende Körper auf der Platte eingenommen hat. Wenn man blofs den Knopf einer Flasche gegen die Platte hält, und sie, nachdem er zurückgezogen ist, bepudert, so hat man einen schwärzlichen, folglich negativen, Fleck, der mit einem positiven Gewölk umfafst ist. Setzt man aber die beiden Leiter auf die Platte, und nähert dem obern den Knopf, ohne jedoch einen Funken zu geben, so findet man den schwarzen Grund schon durchschnitten.

Hiervon läfst sich nun nach DE LÜC's Systeme folgende Erklärung geben. Bei Annäherung des Knopfes an den Leiter erhält das el. Fluidum des letzteren mehr ausdehnende Kraft, verbreitet sich in Strahlen über die Platte, und bildet eine kleine positive Einfassung um des Leiters Basis. Dadurch vermehrt es den negativen Zustand der Platte um sich her, und bildet eine erste Zone, die mehr negativ als der Grund ist; um diese herum häuft sich wieder ein Theil der el. Materie an, die auf der Platte fortgeschlüpft ist, und bildet eine zweite positive Einfassung u. s. w. Auf der andern Seite der Platte bilden sich ähnliche Einfassungen in umgekehrter Ordnung. In dem Mafse, wie sich der Knopf mehr nähert, entstehen neue Durchschnitte auf dem ersten negativen Grunde; der darauf ausfahrende Funken veranlafst wiederum neue Schnitte, und endlich bringen auch die verschiedenen Arten, die Leiter wegzunehmen, eine neue Ordnung von Schnitten mit ausgezeichneten Charaktern hervor.

Die *negativen* Figuren rühren meistens nur von dem Fortrücken der eigenen el. Materie der Platte her, welches in concentrischen Zonen geschieht; die *positiven* hingegen tragen das Gepräge von neuem auf die Platte gekommenen Fluidum an sich, und stellen ausschiefsende Strahlen dar, welche diesen Figuren ihre so vorzügliche Schönheit geben.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Aus dem Leiter fahren auch Strahlen in einiger Höhe, die die Platte erst in der Entfernung erreichen. Wo diese die Einfassung streifen, ohne sie zu berühren, da machen sie auf derselben schwarze Striche, weil ihr fortleitendes Fluidum die unter ihnen befindliche el. Materie verrückt; wo sie aber die Einfassung berühren, da machen sie dieselben dichter. Jenseit der Einfassung geschieht der stärkste Niederfall dieser Strahlen, und sie zertheilen sich hier auf die schönste Weise in Gruppen und Aeste. Alle weifse Züge sind mit Schwarz eingefafst, und alle schwarze Züge mit schwachem Weifs; dieses zeigt, dafs die elektrische Materie auf dem ursprünglich negativen Grunde aufs neue verrückt worden sey. Der Regen auf die obere Seite verursacht nun auch eine neue Vertheilung auf der untern, woraus schwarze Felder entstehen, mit weifsem Gewölk eingefafst, welches von der positiven Einwirkung der obern Strahlenmassen durch die Platte hindurch herrührt. Sind die Leiter kreisförmige oder parallelseitige Platten, so werden die Strahlen, welche aus einer Seite in die andere gehen, auf ihrem Wege gekrümmt, zertheilt und an ihren Enden verdickt, woraus blättrige Ramificationen entstehen.

Wenn man nach den Funken den obern Leiter mit dem Glasarme wegschiebt, so werden die Figuren fast gar nicht verändert; berührt man aber den Leiter, ehe man ihn wegnimmt, so entstehen auf $\frac{1}{2}$ Zoll weit von beiden Leitern besondere Veränderungen. Man entladet dadurch, wenn der untere Leiter mit dem Boden in Verbindung ist, die Theile der Platte, welche die Leiter berühren. Oben geht das el. Fluidum aus diesem Theile der Platte in den berührten Leiter: unten geht es aus dem Boden in den andern Leiter. Dadurch bilden sich zwei verschiedene Gattungen von figurirten Borten in der Mitte zwischen den Figuren um die Stellen der Leiter. Es ist dieses ein weifses Laubwerk auf schwarzem, oder auch ein schwarzes auf weifsem Grunde, und was noch sonderbarer ist, oft haben verschiedene Theile derselben Zone beide Charaktere.

Eben diese Figuren findet man auch bei der Kleist'schen Platte, und zwar um die Belegungen herum, sowohl auf der positiven als negativen Seite, und wenn man die Belegungen abnimmt, so zeigen sich auch die Durchschnitte nach eben denselben Gesetzen. Freiwillige Entladungen lassen weifse Strahlen zurück, die so gerade und enge, als die Zähne des feinsten Kam-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

mes, zu beiden Seiten des Weges, den der Funken nahm, unter rechten Winkeln ausfahren, und ein grofses negatives Feld, das durch den Wirkungskreis des Stromes entstanden ist, durchschneiden.

Hierdurch sucht DE LÜC einige Hauptsätze seiner Theorie sichtbar zu beweisen. Dafs die Nichtleiter die el. Materie stark an sich halten: denn eben daher entstehen die Figuren und ihre Dauer; dafs diese Materie nur in der Nähe von den Nichtleitern angezogen wird; denn der Strom von el. Fluidum kann sehr nahe an der Platte vorbeigehen, und Unterbrechungen auf ihr machen, ohne ihr anzuhängen; dafs sich das *Fluidum deferens* gegen die Nichtleiter, wie gegen jede andere Substanz hinneige, und hier auch die el. Materie verdränge, dieses beweisen die positiven Einfassungen der negativen Theile, und alle Umstände der Bildung der Figuren; dafs die el. Bewegungen sich nur auf die el. Materie allein, nicht auf das fortleitende Fluidum, beziehen, denn der negativ gewordene Harzstaub hängt sich nur an die Stellen, wo el. Materie angehäuft ist; dafs endlich das el. Fluidum, sobald es frei ist, sich in gerader Linie bewegt, dieses beweisen die Strahlen der positiven Figuren.

Glas hält die el. Materie nicht so stark, als Siegellack. Wurden die Platten gleich nach der Operation bepudert, so waren die Figuren des Glases und Lackes wenig verschieden, säumte man aber mit dem Bepudern, so wurden sie auf dem Glase unordentlich und verworren.

Das el. Fluidum setzt sich an nicht leitende Flächen stofsweise, wie die Luft in eine umgekehrte Flasche mit Wasser dringt, und verläfst sie auch wieder auf eben die Weise. Setzt man eine nichtleitende Platte auf eine mit dem Boden verbundene leitende Fläche, streicht frei mit dem Knopfe einer geladenen Flasche darüber, und bepudert sie hernach, so sieht man statt eines simpeln Zuges eine Figur, wie einen jungen Zweig vom Lerchenbaume, eine Reihe regelmäfsiger Büsche, die vom Zuge ausgehen. Ist die Flasche negativ geladen, so sieht man eine Art von Paternoster mit weit aus einander stehenden Körnern. Je schneller man den Knopf bewegt hat, desto weiter stehen die Büsche und Körner von einander. Dieses von LICHTENBERG zuerst bemerkte Phänomen bezeichnet Absätze in dem Uebergange des Fluidums. Die Ladung mufs allemal zu einem gewissen Grade kommen, um an die Platte überzugehen, so

wie in der umgekehrten Wasserflasche die Verdünnung der Luft allemal zu einem gewissen Grade kommen mufs, ehe wieder eine Blase äufserer Luft durch das ausfliefsende Wasser dringen kann. Diese Absätze sind auch die Ursache, welcher man das heftige Oscilliren der Elektrometer bei der Ladung von Flaschen oder Platten zuzuschreiben hat.

Aufser DE LÜC haben sich ferner noch die holländischen Physiker PAETS VAN TROOSTWYCK und KRAYENHOFF[1] mit diesen Versuchen beschäftigt, und in den Erscheinungen derselben einen entscheidenden Beweis für das Franklin'sche System zu finden vermeint. Sie bedienten sich runder Scheiben aus gleichen Theilen von Harz und schwarzem Siegellack, von 4—5 Zoll Durchmesser und $\frac{1}{8}$ Zoll Dicke, und bepuderten dieselben mit Bärlappsaamen. Zum Elektrisiren nahmen sie eine Leidner Flasche von 44 Quadratzoll Belegung, deren Knopf $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser hatte, bisweilen auch eine kleinere Kugel, und zu einigen Versuchen an deren Statt eine Spitze.

Wenn sie die Lackscheibe am Rande mit den Fingern berührten, mit der Mitte derselben, die auf diese Art isolirt war, den Knopf einer positiv geladenen Flasche berührten, und dann die Scheibe bepuderten, so bildete der Staub einen Stern mit Strahlen, die von dem Puncte, der die Flasche berührt hatte, ausgingen. War die Flasche negativ geladen, so bildeten sich ein, zwei oder mehrere runde Flecken. Die andere Seite der Lackscheibe zeigte bepudert keine Figur. Verbanden sie aber während des Berührens der Flasche die andere Seite der Scheibe mit einem Leiter, den sie nach dem Berühren wegnahmen, und dann beide Seiten bepuderten, so entstand auf der Seite, welche die Flasche berührt hatte, ein Stern, dessen Strahlen aber nicht aus einem Puncte, sondern aus einem gefällten Kreise ausgingen, und an der andern Seite einige runde Flecken, deren mittelster mit jenem Kreise von gleicher Gröfse war. Bei der negativen Flasche waren die Flecken auf der berührten, der Stern auf der andern Seite, mit kürzeren, dünneren, und sich durchkreuzenden Strahlen. Brachten sie an der Flasche statt des Knopfes ein rundes Metallplättchen an, und an der andern

1 Verhandeling over zeekere onderscheidene Figuren, welken dor de beede Soorten van Electricitet vorden voordgebracht im Allgem. Magazin und übersetzt in den Leipz. Samml. zur Physik und Naturges. IV. Bd. 4tes St. 1790. S. 357.

Seite der Scheibe ein gleich grofses mit Leitern verbundenes Metallplättchen, und verfuhren dann wie zuvor, so fanden sie einen gefüllten Kreis mit divergirenden Strahlen, und auf der andern Seite einen gleich grofsen mit runden Flecken gefüllt, auch nicht selten um denselben einen Ring, auf der sich kein Staub ansetzte. Bei negativ geladener Flasche verwechselten sich die Figuren, und die Strahlen waren kürzer und gekrümmter. Lagen die Metallplättchen an der Scheibe nicht ganz an, so entstanden in dem gefüllten Kreise auf der positiven Seite kleine Sterne, auf der negativen kleine Flecken, wie Perlen. Alle diese Figuren liefsen sich auch durch Berührung mit einer geriebenen Glasröhre oder Siegellackstange, oder einer isolirten Person, die Glas oder Siegellack gerieben hatte, hervorbringen, oder wenn man den Knopf einer nicht zu stark geladenen Flasche auf der Scheibe, als ob man schreiben wollte, herumführte, in welchem Falle, wie auch schon oben bemerkt ist, ein positiver Knopf Züge mit ausfahrenden Strahlen, ein negativer Reihen von perlenartigen Flecken bildete.

Dieses erklären die genannten Physiker nach Franklin's Systeme. Auf die Frage, warum der negative Knopf mehr als einen Fleck bilde, antworten sie, dieses rühre von der Gröfse der berührenden Oberfläche her; brauche man eine Spitze, so entstehe nur ein Punct, dagegen sey bei der positiven Flasche gar kein Unterschied zwischen den Wirkungen der Kugel und der Spitze zu finden. Ein Versuch scheint denselben besonders günstig für die Einheit der el. Materie und für ihre entgegengesetzte Richtung beim Negativelektrisiren zu seyn. Man hänge eine Leidner Flasche an den Conductor der Maschine, und verbinde ihre äufsere Belegung durch einen Draht mit der auf Leitern liegender Lackscheibe, so kann die Flasche in etwas geladen werden, weil die Scheibe aus den Leitern etwas E. annehmen, oder an sie abgeben kann. Nimmt man nun nach dem Laden den Draht mit einem isolirenden Handgriffe ab, und bepudert die Scheibe, so sieht man bei positiver Ladung Strahlen, bei negativer nur einen einzigen runden Fleck. Dieser und die schwächere (?) Ladung, die die Flasche in diesem Falle erhält, lassen sich der Meinung jener Physiker zufolge sehr gut im Sinne des Franklin'schen System's dadurch erklären, dafs der Lackscheibe weit mehr el. Materie gegeben als genommen werden kann, weil die Theilchen wohl genöthigt werden können, sich

aus einem Puncte über die widerstehende Fläche der Scheibe zu verbreiten, nicht aber umgekehrt, sich von allen Theilen der Scheibe her nach einem Puncte zu versammeln.

Dagegen hat Lars Ekmark[1] in einer abgeänderten Art die Lichtenberg'schen Figuren darzustellen, vielmehr einen Beweis *gegen* Franklin's Theorie und *für* den Dualismus aufzustellen gesucht.

1. Eine auf einer Seite belegte Glastafel wurde auf der unbelegten Seite mit Schwefelblumen bestreuet, eine positiv geladene Flasche von $\frac{1}{4}$ Quadratfufs Belegung vorsichtig darauf gestellt, und darauf der Knopf der Flasche mit einem Leiter berührt. Das Pulver auf der Glastafel setzte sich von der Flasche aus in Bewegung, und legte sich rund um in Gestalt von Lappen oder Wellen mit gleichen Kanten an, die um so stärker, deutlicher und weiter ausfahrend waren, je stärker die Flasche geladen war.

2. Derselbe Versuch wurde mit einer negativ geladenen Flasche wiederholt. Nun setzte sich das Pulver gleichfalls von der äufsern Seite der Flasche in Bewegung, und legte sich in Figuren, welche an Weite und Gestalt ungefähr den vorigen Wellen gleich kamen, statt der gleichen Kanten zeigten sich aber ausschiefsende Strahlen oder Zweige.

3. Die Glasscheibe war wie zuvor eingerichtet, die aufgesetzte Flasche positiv geladen, und der Knopf derselben wurde mit einem isolirten Auslader berührt, dessen anderer Knopf so weit auf der Tafel von der Flasche gelegt war, dafs die Entladung nicht erfolgen konnte. Das Pulver legte sich jetzt um die Flasche in Wellen, und um den Knopf des Ausladers in Strahlen, welche stark gegen einander schossen, sich aber doch nicht berührten. Die Figuren erlitten hierbei je nachdem die Flasche stärker oder schwächer geladen war, einige Veränderungen. Bediente man sich eines nicht isolirten Ausladers, so geschah das Nämliche, doch schienen die Figuren um den Knopf des Ausladers schwächer und kürzer zu seyn. Hatte der Auslader eine Spitze, und erfolgte die Entladung langsam, so gingen doch die Wellen von der Flasche aus.

---

1 Kongel. Vetensk Acad. Nya Handlingar. Stockholm 1800. 2tes Quartal und daraus bei G. XXXIII. 431.

4. Der Versuch mit einer negativ geladenen Flasche wiederholt, gab dieselben Resultate auf die entgegengesetzte Weise.

5. Wurde der Versuch 3 durch hinlängliche Annäherung des Knopfes des Ausladers an die Flasche, so dafs die Entladung erfolgte, wiederholt, so waren die Wellen von der Flasche und die Strahlen von dem Entlader gegen einander gestofsen, hatten sich berührt, und der Strahl hatte durch Auseinanderschlagen der Schwefelblumen einen Weg im Zickzack gebildet, der so lange er durch die Wellen lief, schmäler als in den Strahlen war, wo seine Breite 1½ bis 2 Z. betrug. In der Mitte blieb ein sehr schmaler, blafs grauer Rand, vermuthlich von den geschmolzenen Schwefelblumen, welcher in dem Vereinigungspuncte der Wellen und Strahlen abgebrochen, oder in einer Menge feiner Striche getheilt war.

6. Mit einer negativ geladenen Flasche erfolgte das Nämliche, aber umgekehrt.

7. Am schönsten fällt der Versuch aus[1], wenn zwei gleich grofse geladene el. Flaschen, wovon das äufsere Beleg der einen positiv, der andern aber negativ geladen ist, 3 bis 4 Zoll von einander auf jene unten mit Stanniol belegte Glasscheibe gestellt werden, so dafs, wenn ihre inneren Belege mittelst eines isolirten Ausladers in Verbindung gebracht werden, ein Funken zwischen den äufsern Belegen überspringt, der sie entladet. Nach der Entladung findet man rings um die Flasche herum in den Schwefelblumen die Figuren derjenigen E., welche der äufsern Belegung einer jeden Flasche angehört hat, auf der Stelle aber, wo der Funken übergesprungen ist, sind alle Schwefelblumen weggefegt, und der Weg ist völlig rein. Dieser Weg ist übrigens von der positiven Belegung aus mit positiven, von der entgegengesetzten Belegung aus mit negativen Figuren eingefafst, die aber nicht weit von dem Puncte, wo sie einander begegnen, aufhören, und hier findet sich oft, wenn der Schlag hinlänglich stark gewesen ist, ein grofser runder Flecken, wo alle Schwefelblumen weggefegt sind, der von keinen Figuren eingeschlossen ist, und wo die grofsen Massen der E. sich zu 0 vereinigt haben. Wenn man zu diesem Versuche Flaschen von verschiedener Gröfse anwendet, jedoch dieselben durch gleich viele Umdrehungen der Elektrisirmaschine mit einer ziemlich gleichen

1 Berzelius Lehrbuch der Chemie von Blöde I. Bd. S. 94.

Menge E. ladet, so findet man den Ausgleichungspunct allemal näher bei der gröfseren Flasche, deren Ladung die geringere Intensität besitzt, ihre äufsere Belegung mag sich nun im positiven oder negativen Zustande befinden.

Ich habe alle diese Versuche bei ihrer Wiederholung vollkommen genau gefunden, nur zeigten sich mir die Figuren schöner und regelmäfsiger bei Anwendung des Bärlappsaamens, mit welchem sich in dem letzten Versuche der Kranz von Strahlen um das positive, und die Einfassung von runden Figuren, wie von Perlen um das negative Beleg besonders gut ausnahmen. Aus diesen Versuchen, glaubt Ekmark, folge unwidersprechlich, dafs die Schwefelblumen sowohl von der positiven als von der negativen Seite einer geladenen Flasche aus in Bewegung gesetzt werden, welches sich nicht wohl anders als durch ein Ausströmen einer Materie sowohl aus der positiven, als auch aus der negativen Seite erklären lasse, und also einen Beweis für den Dualismus liefere. Auch scheint aus den Versuchen zu erhellen, dafs die negative E. sich nicht träger als die positive verhalte, da in verschiedenen Abänderungen der Versuche bei der Unterbrechung des Entladens das Zusammentreffen genau in der Mitte der Unterbrechung geschah, wenn beide Elektricitäten an beiden Seiten gleichen Widerstand fanden.

Aldini in Bologna[1] stellte gleichfalls Versuche über die Lichtenberg'schen Figuren mit verschiedenen Pulvergemengen an, welche auf Harzkuchen gestreuet wurden, denen durch den Knopf einer Flasche positive oder negative E. an verschiedenen Stellen, oder auch nur eine E. mitgetheilt worden war. Die Figuren, welche diese Pulver bildeten, und die Scheidung derselben von einander durch die Anziehung von denjenigen Stellen des Harzkuchens, welche eine der ihrigen entgegengesetzte E. besafsen, zeigten an, welches von beiden Pulvern negativ und welches positiv durch durch das Reiben an einander geworden war. Diese Versuche wurden in einem noch gröfseren Umfange durch v. Arnim[2] ausgeführt, und dadurch der elektrische Werth der verschiedenen Materien bei ihrer mechanischen Wirkung auf einander bestimmt, wovon indefs schon unter dem Artikel *Elektricität* die Rede gewesen ist.

---

1 Annali di Chimica cet. di Brugnatelli. T. XIII. p. 137.
2 G. V. 34.

Die Vergleichung der beiden Lichtenberg'schen Fundamentalfiguren scheint mir allein schon überzeugend genug für eine eigene Thätigkeit der negativen E. zu sprechen, wobei, um die mehreren concentrischen Kreise richtig zu würdigen, nicht zu übersehen ist, dafs auf allen Nichtleitern die an einer Stelle wirkende freie E. auf eine weite Strecke hin abwechselnde Zonen von entgegengesetzten Elektricitäten durch Vertheilung hervorbringt, die mit der Entfernung schwächer und schwächer werden. Dafs auch ohne künstliche Vorrichtungen durch die E. ähnliche Figuren hervorgebracht werden, davon habe ich schon unter dem Artikel *Blitz*[1] ein merkwürdiges Beispiel beigebracht. Es mag hier noch eine zweite interessante Beobachtung folgen, welche vom Geheimenrathe Mayer[2] herrührt. Am 25. Jun. 1785 schlug der Blitz in die Grenadier-Wachtstube am Gubner Thore zu Frankfurt an der Oder, beschädigte mehrere Personen und bezeichnete bei dreien derselben verschiedene Stellen ihres Körpers mit Streifen und Sternen von unterlaufenem Blute, welche mit den el. Figuren auf dem Elektrophore die auffallendste Aehnlichkeit hatten. Bei dem einen ging an der Stelle des Rückens, an der ihn der Blitz getroffen hatte, ein starker rother, mit strahligen Ausflüssen bezeichneter, Streif nach der Länge des Rückgrates gerade herab, und krümmte sich unten seitwärts. Aus diesem entstanden mehrere schwächere Seitenstreifen, deren stärkster an der rechten Seite hinablief, und sich an drei Stellen in noch feineren strahligen Aesten endigte. Ein ähnlicher Streifen lief an der rechten Wade bis zur Ferse hinab, und auf der linken Wade hatte sich ein einzelner, strahliger Stern gebildet. Ein anderer, ebenfalls von diesem Blitze getroffener, Soldat hatte am linken Oberschenkel eine *sonnenartige* Figur, und am linken Unterschenkel einen zackigen, strahligen Streifen, ein dritter hatte ähnliche Streifen an den Lenden, dem Unterschenkel und beiden Füfsen[3].

Mayer leitet die Entstehung derselben von der negativen E. des Körpers und besonders des Bluts der Getroffenen her, welche den positiven Blitz auf die am meisten negativen Stellen

---

1 I. Bd. 2te Abth. S. 1017.

2 Thedens neue Bemerkungen und Erfahrungen zur Wundarzneikunst und Arzneigel. III. Th. Berlin 1795. 8. S. 66. u. f.

3 Man findet diese Figuren a. a. O. abgebildet.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

vorzüglich hingeleitet habe, die Stern- und Sonnenförmigen Figuren erklärt er sich aus metallenen Knöpfen oder Geldstücken, welche an den getroffenen Stellen des Körpers müfsten angelegen haben.

Schwingungsbewegungen durch den Elektrophor vermittelt. Pendelversuche.

Der Dr. Schäffer Königl. Dänischer Rath und Professor und Consenior des Ministeriums in Regensburg, welcher[1] vorzüglich dazu beigetragen hat, dafs der Volta'sche Elektrophor sehr bald in Deutschland bekannt wurde, glaubte gleich bei seinen ersten Versuchen mit demselben, die das el. Glockenspiel betrafen, eine höchst merkwürdige Art von Bewegungen entdeckt zu haben, in welche der Elektrophor unter Mitwirkung einer eigenthümlichen, nur gewissen Menschen zukommenden, Kraft hängende Körper versetze. Die nächste Veranlassung zu diesen Versuchen gab die Wiederholung des bereits von Jacquet angestellten Versuchs, dafs wenn man den Elektrophor auf eine isolirende Unterlage setzt, durch Reiben isolirt, den Deckel und die Form zugleich berührt, und den Deckel an den seidenen Schnüren aufhebt, und auf eine andere isolirende Unterlage (wozu Schäffer gewöhnlich seidene Schnüre gebrauchte, die durch einen Ring angespannt waren) setzt, eine Korkkugel zwischen der Form und dem Deckel pendelartig sich hin und her bewegt, wovon die Ursache aus den oben gegebenen Erklärungen von selbst einleuchtet. Dieses brachte ihn auf den Gedanken, durch den Elektricitätsträger ein ähnliches Läuten kleiner Glocken zu Wege zu bringen, wie es durch die gewöhnliche E. bewirkt werden kann. Er brachte daher eine Glocke, die an einem blauseidenen Faden zwischen dem Daumen und Zeigefinger hing, zwischen zwei andere ebenfalls durch seidene Fäden an angemessenen Gestellen herabhängende Glocken, und wirklich bewegte sich die mittlere Glocke wechselsweise gegen die Nebenglocken, diese Bewegung wurde nach und nach immer stärker, und die Mittelglocke erreichte endlich die Nebenglocken, und bewirkte das el. Geläute. Ein anderes Mal

1 Versuche mit dem beständigen Elektricitätsträger. Vier Abhandlungen mit 7 Kupfertafeln. Regensburg 1780. 4.

hielt Dr. Schäffer zufällig eine an einem blauseidenen Faden hängende Glocke zwischen seinen Fingern mitten über einen geriebenen Elektrophor, und sie kam in Schwingungen, die *genau in der Mittagsebene*, nie nach andern Richtungen erfolgten. Er hing darauf die Glocke an einem hölzernen Stativ auf, und nun blieb sie über dem Elektrophore in völliger Ruhe, sobald er aber seine Finger auf den seidenen Faden legte, kam sie wieder in derselben Richtung zum Schwingen, und dazu war es, wie er später fand, schon hinlänglich, dafs die Glocke, indem er ihren Faden berührte, über irgend einem Puncte des Elektrophors hing. Befand sie sich dagegen dem geriebenen Elektrophore zur Seite, und berührte er ihren Faden, so geschah die Schwungbewegung in einer Ebene, die durch den Mittelpunct des Elektrophors ging, und dieses war selbst dann der Fall, wenn der Elektrophor 24 Schritte weit von der Glocke entfernt wurde, sogar wenn eine Mauer oder der Fufsboden beide trennte, war der Elektrophor nur nicht isolirt, oder wurde er in diesem Falle durch eine Elektrisirmaschine verstärkt. Ohne Elektrophor war das Auflegen der Finger auf den Faden ohne Wirkung. Statt der Glocke konnten auch andere Körper, und statt des blauseidenen Fadens andere Fäden, Schnüre oder Ketten mit demselben Erfolge gebraucht werden. Dr. Schäffer hatte nicht einmal nöthig, den Faden zu berühren, woran der Körper hing, es war hinlänglich, *wenn er seine Hand an einen Theil des hölzernen Stativs legte*, an welchem der Faden befestigt war. So fingen drei Glocken, welche von einem Stative herabhingen, an zu schwingen, ohngeachtet seine Hand von den Seitenglokken 3 Fufs, und von der mittleren und dem Elektrophore 2 Fufs entfernt war, die mittlere schwang in der Mittagslinie, die beiden zur Seite in einer Ebene senkrecht auf diese[1]. Kann aber wohl, fragt er, eine unmerkliche Bewegung der Finger oder der Hand als Grund der regelmäfsigen Bewegung der Glocken angesehen werden, wenn sie nach diesen Versuchen von ihnen Schuhe weit entfernt sind? Diese gänzliche Unabhängigkeit von einer unbewufsten, gleichsam unwillkürlichen, Bewegung der Hand, die etwa den Glocken mitgetheilt werden könnte, scheine auch noch auf eine überzeugende Art der Versuch mit einem Stativ mit doppeltem Arme zu beweisen, an deren jedem eine

1 a. a. O. S. 50. 51.

Glocke oder andere ähnliche Körper herabhingen. Wurden nämlich zwei Elektrophore genommen, und der eine im Süden oder Osten, der andere im Norden oder Westen gestellt, und die Hand auf den doppelten Arm gelegt, so bewegte sich die eine Glocke nach dem Elektrophore im Süden oder Osten, und die andere nach dem andern im Norden oder Westen regelmäfsig.

„Bei dem letzten Versuche, sagt Schäffer, ist es eine gänzliche Unmöglichkeit, durch eine Bewegung der Hand und Finger zwei entfernten Körpern eine doppelte entgegengesetzte Bewegung und Richtung zu geben, und sie kann also ohne offenbaren Widerspruch ihren Grund in nichts Anderem, als in der verschiedenen Stellung der Elektricitätsträger und der Wirkung auf die beweglichen Körper haben."

Uebrigens erhellet die Einrichtung dieser beiden zuletzt angeführten Gestelle und die Unmöglichkeit, die Kugeln oder Glokken in jene so bestimmte Bewegungen durch eine Mittheilung von der Hand aus zu versetzen, deutlich aus den Zeichnungen. Fig. 164. u. 165.

Aber nicht alle Personen waren zu diesen Versuchen geschickt, die dem Dr. Schäffer fast immer gelangen, so wie auch jedem auf den er seine Hand legte. In den drei Wochen, in denen er sich täglich und ganze Stunden hindurch mit diesen Versuchen beschäftigte, wollte ihm nur an *einem* Nachmittage nichts gelingen, ein anderes Mal nicht in Gegenwart von 12 Personen, dagegen gelangen alle, sobald er den Elektrophor in ein anderes Zimmer trug. Bei den meisten Versuchen war der Elektrophor durch blauseidene Schnüre isolirt, und mit dem Deckel bedeckt, der durch Berührung el. gemacht worden war. Ja selbst grofse Gewichte bis zu drei Centnern, die an Ketten hingen, oder auf einem Waagebalken ruhten, konnten auf diese Weise über einem Elektrophore in Bewegung gesetzt werden, wenn Schäffer nur mit einem Finger ein Glied der Kette berührte, und bei veränderter Stellung des Elektrophors änderte sich auch die Bewegung und Richtung, wie es obigen Gesetzen gemäfs seyn mufste. Der Elektrophor theilte diese seine bewunderungswürdige Kraft auch andern Körpern mit, sowohl Stühlen und Tischen mit oder ohne Wachstuch, lackirten oder nicht lackirten, auf denen er einige Stunden gestanden hatte, so wie andern Körpern aller Art, auf die man ihn einen Augenblick gesetzt hatte. (!) „Ist vielleicht der Elektricitätsträger mehr Magnet als E.?" ruft der Dr. Schäffer bei Erzählung die-

ser Versuche aus. Mehrere Tage nach dieser Verbindung mit dem Elektricitätsträger äufserten die Körper ihre gesetzmäfsige Einwirkung auf Glocken oder andere bewegliche Körper. Diese dauerhafte Eigenschaft eines auf diese Art elektrificirten oder magnetisirten Trinkglases bemerkte Schäffer auch noch nach 4 Tagen, ungeachtet daraus diese Tage über allerhand und oft getrunken war. Noch mehr. Man nehme 12 Bücher, setze auf das eine den Elektrophor für einen Augenblick, drücke dann dieses für einen Augenblick auf das zweite, dieses auf das dritte u. s. f. Alle werden sich bis zum 12ten ihre Kraft und Eigenschaft mitgetheilt haben, frei hängende Kugeln eben so, wie es der ordentliche Elektricitätsträger thut, in Bewegung zu setzen. Schäffer versuchte dieses mit 100 Büchern, und konnte nicht die geringste Abnahme vom ersten bis zum hundertsten gewahr werden. Oft schien die Wirkung vielmehr zuzunehmen. Ja mit diesen Büchern konnte man eben so wieder ganze Reihen von Tellern, Gläsern u. s. w. elektrisiren.

Unter einer Anzahl von mehreren Personen waren stets nur wenige, bei denen die Bewegungen eben so erfolgten wie bei Schäffer, bei den meisten aber gar nicht. Indefs fand er, dafs diejenigen, welche das Pendel in keine regelmäfsige Bewegung zu versetzen vermochten, diese Eigenschaft erhielten, wenn sie ihre Hände den elektrischen Ausströmungen einer geriebenen Elektrisirmaschine aussetzten, doch war auch dieses Verfahren bei einigen Personen ohne Erfolg. In einem bei dem Werke des Dr. Schäffer abgedruckten Briefe geschrieben den 13. Jan. 1777 zu München erzählt der Professor Xaver Epp, Mitglied der baierschen Akademie der Wissenschaften „er habe von der Akademie den Befehl erhalten, die Schäffer'schen Versuche nachzumachen, aber alle mit den hängenden Glocken seyen seiner unglücklichen Hand nicht gelungen, und dieses habe ihn um desto mehr geschmerzt, da er sich dadurch aller Hoffnung beraubt gesehen, einige Versuche, den thierischen Magnetismus betreffend, anzustellen. Er sey nun ausdrücklich nach Regensburg gereiset, um die Wahrheit zu erfahren. Immer sey ihm anfangs der Zweifel geblieben, dafs alle Wirkungen von einer unmerklichen Bewegung herrührten, die dem Gestelle und den Glocken durch die Hand gegeben werde. Endlich sey er, nachdem Dr. Schäffer viele Geduld bei ihm verschwendet, und nach seinem Belieben verändert habe, was er verlangte, vollkommen überzeugt

worden, und zwar habe ihm besonders dreierlei beweisend geschienen:

1. „Dr. Schäffer habe einen eisernen Balken so an die Thüre befestigt, dafs man ihn nicht im mindesten bewegen konnte, an ihn die Glocke gehängt, und man habe dann nach einer Gegend, wohin der eiserne Balken durchaus unbeweglich war, den Elektrophor 10 Schuhe von der Glocke gestellt. Sobald Dr. Schäffer seine Hand auf das Eisen legte, fing die Glocke an, nach dem Elektrophore zu spielen, so dafs sie endlich 5—6 Zoll weit hin und her schwang."

2. „Die Schwingungen eines an einem Stative hängenden Körpers zeigten richtig nach dem Orte hin, an welchem man ohne Beiseyn des Dr. Schäffer in dem benachbarten Zimmer den Elektrophor gestellt. 3. Epp's eigene Hand war hier eben so unglücklich als in München, sobald aber Dr. Schäffer seine Hand auf die seinige auch nur gelinde legte, zeigte sich die Wirkung, jedoch später und schwächer."

Aufserdem findet sich noch bei Dr. Schäffer's Abhandlung ein Brief vom 20. Oct. 1778 aus München von Dr. Schranck, worin von einem Münchner Gelehrten versichert wird, dafs ihm die Schäffer'schen Versuche vollkommen geglückt seyen. Auch findet sich in des Freiherrn von Aretin Nachträgen zur Literatur der Wünschelruthe aus Ritter'schen Collectaneen, dafs einer der drei Verfasser der drei Münchner Preisabhandlungen über die Analogie der E. und des Magnetismus[1] nämlich Cölestin Steiglehner sagt, er sey gröfstentheils Augenzeuge der Versuche des Dr. Schäffer gewesen, und dafs der Abt Hemmer zu Manheim in einer Recension seiner drei Preisabhandlungen[2] bezeugen soll, dafs ihm selbst die Schäffer'schen Versuche vollkommen gelungen seyen, doch nicht an allen Tagen. Lichtenberg versichterte dagegen späterhin, nie mit seinem kräftigen Instrumente bei aller Vorsicht im Stande gewesen zu seyn, auch nur das mindeste von der Art der Schäffer'schen Versuche hervorbringen zu können, was sich ereignete, sey allemal aus der gewöhnlichen Theorie ohne Voraussetzung neuer Kräfte erklärbar gewesen.

---

1 In den neuen philos. Abhandl. der baierschen Akad. der Wiss. Bd. 2. München 1780. 4.

2 In den rheinischen Blättern zur Gelehrsamkeit für 1781. Heft 5.

Die Versuche Schäffer's waren längst vergessen, als sie in einer ganz neuen Verknüpfung wieder zum Vorschein kamen, und durch die wichtigen Aufschlüsse, die sich einige Physiker davon versprachen, die Aufmerksamkeit noch in einem höheren Grade als jene früheren auf sich zogen. Als nämlich THOUVENEL seine Untersuchungen über die sogenannte *unterirdische Elektricität* bekannt machte[1], worin ein gewisser PENNET, ein sogenannter Metall- und Wasserfühler, eine Hauptrolle spielte, welcher die merkwürdige Disposition besitzen sollte, durch unterirdische Erzgänge, Kohlenlager, Wasser u. s. w. auf eine eigenthümliche Art afficirt zu werden, und die Gegenwart derselben durch besondere Empfindungen, Zittern seiner Muskeln und Veränderung des Pulses anzuzeigen, Untersuchungen, die damals besonders die italienischen Gelehrten beschäftigten, erschien auch ein Brief des Abbate FORTIS an SPALLANZANI[2], in welchem der merkwürdige Versuch erzählt ist, dafs in den Händen gewisser dazu die gehörige Anlage habender Personen ein an einem hinlänglich, etwa zwei Fufs, langen Faden wie Flachs, Hanf oder Seide, hangender Schwefelkieswürfel über einer hinlänglichen, auch in einer Schieblade versteckten, Masse von Metall in schwingende Bewegungen gerathe, und zwar entweder in Kreisen, die immer gröfser werden, umherlaufen, oder in sehr schmalen Ellipsen hin und her schwinge, welche Bewegungen sich wieder verengen und sehr bald zur Ruhe kommen, wenn man den Schwefelkies über einen Stein, ein Buch oder über Holz führt, das Metall aus der Schieblade wegnimmt, oder auch nur den Ellbogen auf den Tisch stützt, in dessen Schieblade sich das Metall befindet, oder ihn sonst mit einem Theile seines Körpers berührt, oder selbst wenn irgend ein Anderer, der mit dem Experimentator in Berührung ist, sich auf den Tisch stützt. ALEX. v. HUMBOLDT, welcher[3] von diesen Versuchen eine kurze Nachricht giebt, bemerkte schon, dafs sobald ihm die Augen verbunden wurden, der Schwefelkieswürfel über der Metallplatte in Ruhe blieb.

---

1 Resumé sur les experiences d'électricité souterraine, faites en Italie et dans les alpes depuis 1789—1792. Brescia 1793.

2 Lettera del Abate Alberto Fortis sugli sperimenti di Pennet nel regno di Napoli, nella Romagna, e sullo stato Veneto.

3 Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfaser I. 470.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Diese Versuche, von welchen man so gut wie keine Notiz genommen hatte, bekamen auf einmal im Jahre 1807 ein neues Leben durch den bekannten Physiker Ritter, damals in München, nachdem dieser von einem ähnlichen angeblichen Metall- und Wasserfühler, wie Pennet, einem gewissen Campetti, einem tyroler Landmanne, Nachricht bekommen, und die baiersche Regierung veranlafst hatte, zur Anstellung einer Reihe von wissenschaftlichen Versuchen denselben nach München kommen zu lassen. So wurde denn dieselbe Akademie der Wissenschaften, welche schon früher die Schäffer'schen Versuche zu einem Gegenstande ihrer Prüfung gemacht hatte, von neuem in diese Sphäre mystischer Erscheinungen hineingezogen.

Durch ganz Deutschland fingen an Pendel, eben nicht von Schwefelkies (denn es war gleichgültig, welche Körper an dem Faden hingen, und jeder goldene Ring, der schon in früheren Zeiten nach einem superstitiösen Gebrauche in ein Glas gehalten, durch die Zahl seiner Anschläge an dasselbe, nachdem er allmälig in Schwingung gerathen war, die Anzahl der Lebensjahre andeuten sollte, konnte dazu gebraucht werden), durch ganz Deutschland fingen nunmehr an Pendel zu schwingen, und lebendig zu werden (wie in der ersten Nachricht von den Münchener Versuchen gesagt ist), und zwar nach sehr bestimmten Gesetzen, die schon voraus durch die in dieser Zeit vorzüglich herrschend gewordenen Polaritätsideen, und den polaren Gegensatz, den man überall verfolgte, angedeutet waren, und die sich vorzüglich durch den Gegensatz von Rechts und Links in diesen Bewegungen dem Gegensatze der Körper gemäfs, über welchen die Schwingungen erfolgten, ausdrücken sollten. Ueber dem Nordpole des Magnetes sollten diese mit leise anhebenden, längliche Ellipsen beschreibenden, allmälig sich rundenden Schwingungen von der Linken nach der Rechten, über dem Südpole von der rechten nach der linken gehen; über Kupfer oder Silber wie über dem Südpole; über Zink und Wasser wie über dem Nordpole. Es sollte hierbei nicht gleichgültig seyn, ob man sich von oben herab dem Gegenstande, und zwar so viel als möglich seine Mitte haltend, oder von der Seite näherte; im letzten Falle sollte sich nämlich das Verhältnifs dergestalt verändern, dafs z. B. die oben in Beziehung auf den Nordpol angegebene sich in die entgegengesetzte umwandelte. Auch sollte es nicht einerlei seyn, ob man mit der rechten oder lin-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ken Hand operirte, denn zwischen der rechten und linken Seite sollte der Gegensatz bei manchen Personen bis zur entschiedensten Polarität ausgebildet seyn. Wenn man den Würfel, Ring u. d. g. über eine Orange, Apfel u. s. w. hielte, so sollte er über die Frucht, da, wo sie am Stiele festgesessen, schwingen wie über dem Südpole des Magnetes, wenn man dagegen die Frucht auf die entgegengesetzte Seite wendete, indem man fortfuhr, das Pendel über sie zu halten, so sollte sich die Bewegung in die entgegengesetzte ihrer Richtung nach verändern. Eben solche entgegengesetzte Polaritäten sollten sich an den beiden entgegengesetzten Enden eines frischen Eies zeigen. Am auffallendsten sollte das Pendel die Polarität des menschlichen Organismus anzeigen. Ueber dem Kopfe gehalten schwingt der Würfel angeblich wie über Zink, an der Fufssohle wie über Kupfer u. s. w. dieselbe Kraft, welche das Pendel in Bewegung setzt, sollte auch das Princip der Bewegungen der Wünschelruthe oder *Baguette* seyn, für welche Ritter als ein noch sichereres Instrument von mehr regelmäfsigem Gange, seinen sogenannten *Balancier* in Vorschlag brachte, einen kleineren Stab oder rectangulären Streifen von Kupfer oder von irgend einem andern Metalle, selbst von Glas oder Siegellack, ungefähr 6 Z. lang, $\frac{1}{2}$ Z. breit und von willkürlicher Dicke, den man auf der Spitze eines senkrecht ausgestreckten Fingers, während die andern gekrümmt sind, in genau horizontaler Lage ins Gleichgewicht bringt, wozu sich am meisten der Mittelfinger der linken Hand eignet. Man hält den Finger, der den *Balancier* trägt, möglichst unbewegt, und für diesen ist die schicklichste Stellung, dafs das eine Ende desselben gegen die Person gerichtet ist, welche den Versuch anstellt, und das andere Ende nach Aufsen. So wie das Pendel über den entgegengesetzten Metallen in entgegengesetzten Richtungen schwingt, so soll der *Balancier* bei denjenigen Personen, die eine hinlänglich starke Disposition haben, was jedoch bei wenigen der Fall ist, sehr bald in eine drehende Bewegung kommen, und zwar dreht er sich auf dem Mittelfinger, dem Zeigefinger oder Daumen der linken Hand ruhend nach Aufsen, d. h. nach der rechten Seite, dagegen auf dem Ringfinger und kleinen Finger nach Innen d. h. nach der linken Seite. Steht die Person während des Versuches mit Metallen oder einigen andern Körpern in Berührung, so hat dieses auf die Richtung der Bewegung grofsen

Einfluſs, und namentlich zeigte sich bei Campetti, während er den *Balancier* auf dem Mittelfinger der linken Hand trug, wenn er galvanisch positive Metalle wie Zink, Zinn, Blei oder Stahl unter seinen Füſsen hatte, die Bewegung nach einer der gewöhnlichen entgegengesetzten Richtung, d. h. der Streifen ging von der Rechten zur Linken, war es aber Eisen, Kupfer, Messing, Silber, Kohle, Reiſsblei, so geschah das Drehen nach der gewöhnlichen Richtung mit groſser Kraft. Auf dieselbe Art, wie die positiven Metalle, wirkte auch der Nordpol eines Magnetstabes, das obere Ende irgend einer Frucht, die Wurzel und der ihr nächst gelegene Theil eines Stammes, und der Kopf eines Kindes oder Mannes; dagegen nach Art der negativen Metalle wirkte der Südpol eines Magnetstabes, das nach dem Stiele zugerichtete Ende einer Frucht, das obere Ende eines Baumes oder einer Pflanze, das Knie oder die Fuſssohle eines Kindes oder Mannes.

Doch es würde zu weit führen, wenn ich die mannigfaltigen polaren Gegensätze zwischen Theilen des menschlichen Körpers, Functionen desselben, und andere Thätigkeiten und Substanzen der Natur, welche in der Wechselwirkung mit dem *Balancier* und der Wünschelruthe durch die entgegengesetzten Bewegungen derselben, den Ritter'schen Angaben zufolge, documentirt werden sollten, hier weiter verfolgen wollte. Man kann dieser Mühe um so mehr überhoben seyn, da es wohl keinem Zweifel unterworfen ist, daſs die meisten Beobachtungen dieser Art auf einer Selbsttäuschung nach vorgefaſsten Ideen beruhten, überhaupt diese ganze Sache fast so gut wie in Vergessenheit gerathen, und keine jener groſsen Erwartungen erfüllt worden ist, mit welchen die scheinbar neue Entdeckung sich damals ankündigte. So groſse Anstalten auch gemacht worden waren, um an dem Francesco Campetti die Thatsachen des Wasser- und Metallfühlens durch gewisse dazu disponirte Constitutionen auſser Zweifel zu setzen, indem sogar eine eigene Commission der baierschen Akademie der Wissenschaften zu diesem Behuf niedergesetzt worden war, welcher Ritter einen weitläufigen Entwurf zu den mit Campetti anzustellenden Versuchen vorgelegt hatte[1], so kam es doch zu keinem entscheidenden Resultate, wobei es unentschieden bleiben muſs, wie

1 Siehe dessen Siderismus. I. Bd. 1stes St. 1808. S. 51.

viel Selbsttäuschung oder Betrug von Seiten des italienischen Wasser- und Metallfühlers im Spiele war, der wieder in die Verborgenheit seiner Heimath Gargnano am Gardasee zurückgebracht worden ist, aus welchem er nie mit solchem Lärm hätte hervorgezogen werden sollen.

Für das scheinbar Gesetzmäfsige, was sich bei den Pendelversuchen, die in jener Zeit von so vielen Händen angestellt wurden, insbesondere dafs sie über runden Körpern mehr kreisförmig, über länglichen Körpern mehr als enge Ellipsen erschienen, oder eine geradlinige Richtung von dem einen Ende derselben zum andern befolgten, wurde in einem damals in Gilbert's Annalen[1] erschienenen Aufsatze mit vielem Scharfsinne eine feine unbewufste Association zwischen Augen- und Handbewegungen als Ursache nachgewiesen, womit auch das Eintreten dieser Pendelschwingungen überhaupt auf eine einfache mechanische Weise erklärt ward. In dem Verhältnisse nämlich, in welchem das Auge die Peripherie eines Körpers durchläuft, um ein Bild seiner Gestalt aufzufassen, folgt die Hand, welche den Faden hält, an welchem der bewegliche Körper hängt. Nach der von der zartesten Kindheit her festgewurzelten Association, welcher zufolge die Hand dem Auge überhaupt in seinen Bewegungen unwillkürlich nachfolgt, begleitet die Hand diese Bewegung in gleicher Richtung, und verschafft durch den feinen Anstofs, den sie dem Pendel giebt, und der sich immer wieder erneuert, diesem Pendel die sich immer mehr erweiternden Schwingungen über runden Körpern, oder in dem kreisförmigen umschlossenen Raume jenes Glases. Der augenscheinlichste Beweis davon liegt darin, dafs auch bei denen, welche hierbei eine blofs dynamische Einwirkung ohne jenen mechanischen Anstofs voraussetzten, und diese Fähigkeit zu besitzen glaubten, alle Bewegungen und wenigstens alles Regelmäfsige, insbesondere alles was sich auf sogenannte polare Gegensätze bezog, aufhörte, sobald sie ihre Augen schlossen. Was die Richtung des Pendels in seinen Bewegungen bald von der Linken zur Rechten, bald umgekehrt betrifft, so bemerkt jener Aufsatz: „Blieb sich das Auge beim Fixiren eines Kreises gleich-

1 Versuch einer aus mechanischen Ursachen hergeleiteten Erklärung der Schwingungen u. s. w. in Gilb. kritischen Aufsätzen. S. 121. auch in den Annalen XXVII. S. 41.

sam selbst überlassen, so erfolgte die Schwingung kreisförmig von der Rechten zur Linken, wenn das Pendel mit der rechten Hand gehalten wurde, von der Linken zur Rechten aber, wenn es sich in der linken Hand befand. Da das Auge beim Anschauen einer Figur dieselbe nicht in allen Puncten zugleich fixiren kann, so bekommt es die Vorstellung von einem Kreise eigentlich nur dadurch, dafs es dieselbe continuirlich von Punct zu Punct verfolgt. Nun ist aber Gesicht uud Getaste von der Natur in eine so innige Beziehung gesetzt, dafs die Hand bei jeder Gesichtsvorstellung gleichsam unwillkürlich strebt, dieselbe durch Betastung des gesehenen Gegenstandes zu berichtigen, wobei die rechte Hand ihrer mechanischen Einrichtung gemäfs ohne besondern Einfluſs des Willens geneigter seyn wird, sich gegen die Linke, und die Linke gegen die Rechte zu bewegen. Hält man demnach das Pendel über eine runde Scheibe, oder über jeden beliebigen Kreis, der zu grofs ist, um als ein Punct in allen Theilen zugleich fixirt werden zu können, oder klein genug, um eine gleichzeitige Beachtung des Pendels zuzulassen, so fällt das Auge zunächst wechselsweise bald auf das Pendel, bald auf den Kreis, denn beide sind ihm als Objecte gegeben, wodurch zwischen dem zuerst fixirten Puncte und dem Pendel eine geradlinige Bewegung des Auges und demnächst der Hand entsteht. Zu gleicher Zeit aber wird das Auge disponirt, den Kreis seiner Peripherie nach zu umlaufen, weſswegen die geradlinige Schwingung des Pendels sogleich in eine kreisförmige übergeht, wobei das Auge durch Aufmerksamkeit auf die rechte Hand bestimmt wird, links, auf die linke Hand rechts zu laufen, in welcher Richtung hierauf die Bewegung der Hand und des Pendels folgt."

In dieser Art sind nun sehr mannigfaltige Veränderungen, die sich in den Bewegungen des Pendels, nach Verschiedenheit der Form der untergelegten Körper, nach der Art wie das Auge diese Körper fixirt, ereignen können, sehr befriedigend erklärt, und selbst die sogenannten Gegensätze, oder Polaritäten in diesen Bewegungen sehr einleuchtend gemacht. Der Verf. bemerkt, dafs auch alle mögliche Bewegungen des Pendels erfolgten, wenn dieses in freier Luft gehalten wurde, und man sich die nöthigen Figuren lebhaft einbildete, und so findet er auch die Täuschungen in Rücksicht auf die entgegengesetzte Richtung der Bewegungen über sogenannten polarisirenden, oder polarisch

entgegengesetzten, Körpern sehr begreiflich, denn wenn man, während man das Pendel über einen solchen Körper hält, dem man irgend einen bestimmten Pol zuschreibt, von dem eine bestimmte Bewegung abhängt, sich recht lebhaft die Bewegungen vorstellt, die derselbe bewirken soll (z. B. der Südpol eines Magnets von der Linken zur Rechten), so wird aus obigem Grunde die erwartete Bewegung selten ausbleiben, besonders wenn der fixirte Körper ohnehin kreisförmig ist.

Ich würde diesem Gegenstande an diesem Orte nicht so viel Platz eingeräumt haben, wenn er nicht in so unmittelbarer Verknüpfung mit jenen ersten Versuchen Schäffer's stände, die wenigstens so, wie sie vor uns liegen, nicht wohl unter die Kategorie einer blofsen durch vorgefafste Meinungen herbeigeführten Selbsttäuschung gebracht werden können. Indefs stehen eben diese Versuche selbst wieder so isolirt, und eben damit so räthselhaft da, dafs sie weniger dem Physiker und einer Wissenschaft anzugehören scheinen, die nur Erscheinungen beobachtet, welche, wenn sie von Versuchen abhängen, immer wieder dargestellt werden können, und die auf Kräften beruhen, welche an sehr feste einfache Gesetze gebunden sind, als vielmehr dem Physiologen und einer Sphäre von Erscheinungen, in welcher gleichsam jedes Individuum seine eigenthümlichen Gesetze befolgt, und der Mittelpunct einer eigenen kleinen Welt ist, und der Entwickelungsgrund von Verhältnissen, die immer neu entstehen. Aus diesem Gesichtspuncte betrachtet mögen spätere Versuche dieser Art, wie z. B. von Knoch[1] und Amoretti's[2] Arbeiten auf diesem Felde immer noch einen Anspruch auf eine Stelle in einem medicinischen Wörterbuche haben[3]. *P.*

---

1 S. G. LIX. 328.

2 S. G. LX. 255.

3 Cavallo Vollst. Abh. der Lehre von der E. 4te Aufl. 1ster Bd. S. 348. ff. II. Bd. S. 1. ff.

Ingenhouss elektrische Versuche zur Erklärung des Elektrophors nach der Theorie des Dr. Franklin in der Samml. zur Physik und Naturg. II. Bd. 5tes St.

Dr. Schäffer's Versuche u. s. w. Regensburg 1780.

Neue elektrische Versuche u. s. w. von Joh. Georg Heinge. Oldenburg 1779.

Heidmann's, vollständige Theorie der Elektricität. I. Bd. S. 60. ff.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Elektrophor, doppelter.

Eine von Lichtenberg in Göttingen erfundene Einrichtung des Elektrophors, welche dazu dient, beide Elektricitäten, die positive und negative, auf eine bequeme Art gleich neben einander zu haben.

Man nimmt ein Brett von Lindenholz, ohngefähr 2 Fuſs lang, einen Fuſs breit und einen Zoll dick, überzieht dasselbe ganz mit Zinnfolie oder Goldpapier so, daſs auch der äuſsere Rand belegt wird, befestigt darum mit metallenen Nägeln, welche bis in die Belegung hineingehen, einen Rand von dünnem Holzspahn, der 2½ Linie über das Brettchen hervorragt. Dieses Brett, welches hiernach die Gestalt einer Schüssel hat, gieſst man mit einer Harzcomposition aus. Der dazu gehörige Deckel hält etwa 10 Zoll im Durchmesser. Man reibt die Stelle A mit einem Hasen- oder Katzenfelle, oder mit Flanell, so wird sie negativ, hingegen der darauf gelegte und berührte Deckel nach dem Aufheben positiv. Alsdann stellt man auf B einen messingnen Ring, etwa einen Zoll hoch, und eben so weit im Durchmesser, und läſst aus dem von A aufgehobnen Deckel Funken darauf schlagen, wodurch die Stelle des Harzkuchen, die der Ring berührt, positiv wird. Nach jeder Operation verschiebt man den Ring ein wenig mit einem Federkiele, einer Stange Siegellack, oder einem andern Nichtleiter so, daſs er etwa in acht Operationen gröſstentheils über den ganzen Raum B geführt worden ist, und nimmt ihn alsdann ab. Hierdurch wird B positiv, und der darauf gelegte, berührte und wieder abgenommene Deckel negativ. Also hat man beide Elektricitäten in A und B neben einander; A macht den Deckel positiv, und B negativ. Mit dieser negativen E. kann man A noch stärker negativ machen, indem man den messingnen Ring auf A

Fig. 166.

Parrot', Entretiens sur la Physique 1822. Tome V. p. 54.

Lichtenberg's 6te Auflage von Erxleben's Anfangsgründen der Naturlehre 1793. §. 538. 549.

J. A. de Lüc Neue Ideen über die Meteorologie. I. Theil. Breslau 1787. gr. 8. S. 390. ff.

Ueber die Lichtenberg'schen Figuren von A. Paets van Troostwyk und Krayenhoff in den Leipz. Samml. 4ter Bd. 4tes St. 1790. gr. 8. S. 357.

setzt, und mit dem von B aufgehobenen Deckel einen Funken daraus zieht. So kann man immerfort abwechseln, und dadurch beide Elektricitäten bis zu einem beträchtlichen Grade verstärken[1].

Joseph Weber hat einen Doppelelektrophor angegeben, der aus einem Harzkuchen besteht, der nicht in eine Form gegossen ist, sondern auf die oben angegebene Weise so, dafs er an seinen beiden Flächen frei ist. Erregt man in diesem Harzkuchen durch Reiben die negative E., so wird er auf der entgegengesetzten Seite, wie in der Theorie des Elektrophors nachgewiesen worden ist, positiv el., und kehrt man ihn also um, so bringt er mit dieser Fläche die entgegengesetzten Erscheinungen hervor. Man kann auch der einen Fläche durch eine geladene Flasche positive E. mittheilen, wo dann die entgegengesetzte Fläche mit negativer E. wirken wird. Auf dieselbe Weise kann man eine Glasplatte, deren Flächen beide frei sind, als einen Doppelelektrophor gebrauchen, sey es nun, dafs man durch Reiben, oder noch kräftiger durch Mittheilung von einem positiven Conductor aus, die eine Fläche positiv elektrisire. Die entgegengesetzte Fläche wird dann mit negativer E. wirksam seyn, und der auf jede Fläche gesetzte Deckel des Elektrophors wird die der eigenthümlichen E. derselben entsprechenden Erscheinungen zeigen[2]. *P.*

Elemente.

Urstoffe, Uranfänge der Körper; *Elementa, Principia prima corporum;* Élémens, Principes des Corps; *Elements.* Man kann die Verschiedenartigkeit der wägbaren Materien von zwei verschiedenen Ursachen ableiten. Entweder liegt allen ein und derselbe Urstoff zum Grunde; je nachdem aber die kleinsten Theile desselben geformt und vereinigt sind, entspringen daraus verschiedenartige Materien. Dieses war die Ansicht mehrerer alten griechischen Philosophen. Oder es giebt mehrere Urstoffe, welche nicht blofs durch den Bau, sondern auch durch ihre übrigen Eigenschaften von ein-

1 Lichtenberg's Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte. I. Bd. 2tes St. S. 42.

2 Begriff und Construction des Doppelelektrophors aus Harz und Glas. Von Dr. Jos. Weber bei G. LI. 198.

ander abweichen. Durch ihre Verbindungen unter einander, nach verschiedenen Verhältnissen, werden die mannigfaltigen Materien, welche wir kennen, hervorgebracht. Bei dieser, ebenfalls schon im Alterthume ausgesprochenen Ansicht waren die verschiedenen Urstoffe zu bestimmen. Lange nahm man als solche *Erde*, *Wasser*, *Luft* und *Feuer* an. Zu den Zeiten von PARACELSUS galten der *Mercur*, worunter alles Flüchtige, der *Schwefel*, oder das *Oel*, worunter alles Brennbare, das *Phlegma*, worunter alles Flüssige und Geschmacklose, die *Erde*, worunter alles Feste, Geschmacklose und Unlösliche, und das *Salz*, worunter alles Feste, Schmeckende und Lösliche verstanden wurde, als Elemente. Sind nun gleich durch die neuere Chemie die meisten von diesen Stoffen als zusammengesetzt erkannt worden, so ist man heutzutage doch nicht im Stande, mit Sicherheit anzugeben, welche Stoffe als Elemente oder als wirklich einfach und also unzerlegbar zu betrachten sind. Wir kennen blofs auf der einen Seite erwiesen *zusammengesetzte*, auf der andern Seite *unzerlegte* Stoffe, d. h. solche, bei denen es uns noch nicht geglückt ist, sie in heterogene Materien zu zersetzen, und die demungeachtet zusammengesetzt seyn können. Diese unzerlegten Stoffe sind folgende: *Sauerstoff*, *Stickstoff*, *Wasserstoff*, *Fluor*, *Chlor*, *Jod*, *Selen*, *Schwefel*, *Phosphor*, *Kohlenstoff*, *Boron*, *Silicium*, *Zirkonium*, *Titan*, *Tantal*, *Scheel*, *Molybdän*, *Osmium*, *Arsenik*, *Antimon*, *Tellur*, *Wismuth*, *Zink*, *Kadmium*, *Zinn*, *Blei*, *Quecksilber*, *Silber*, *Palladium*, *Rhodium*, *Iridium*, *Platin*, *Gold*, *Kupfer*, *Nickel*, *Kobalt*, *Mangan*, *Chrom*, *Eisen*, *Uran*, *Alumium*, *Glycium*, *Yttrium*, *Magnium*, *Calcium*, *Strontium*, *Baryum*, *Lithium*, *Natrium*, *Kalium*. G.

Elemente

der Bahn der Planeten und Kometen; *Elementa orbitae;* Elements de l'orbite, *Elements of the orbits;* sind diejenigen wesentlichen Bestimmungsstücke, durch welche man die Bahn eines Planeten oder Kometen genau kennen lernt.

Da wir aus theoretischen Gründen wissen, dafs die Bahn eines Himmelskörpers ganz in einer Ebene liegt, und dafs diese Ebene durch den Mittelpunct der Sonne geht; da wir ferner wis-

sen, dafs, nach dem in unserm Sternsysteme geltenden Gesetze der Attraction, die Bahnen nur Ellipsen, Parabeln oder Hyperbeln seyn können, so läfst sich leicht übersehen, welche Elemente der Bahn man kennen mufs, um die Bahn selbst genau zu kennen.

Um die *Lage der Ebene* zu bestimmen, dienen 1. die Neigung gegen die Ekliptik, und 2. der Ort des aufsteigenden Knotens. Letzterer giebt nämlich die Lage der Durchschnittslinie an, in welcher die zu bestimmende Ebene die Ekliptik schneidet. Um die Gestalt der in dieser Ebene beschriebenen Bahn anzugeben, sind drei Elemente nöthig, nämlich 1. die Lage der grofsen Axe der Bahn, oder derjenige heliocentrische Ort, wo der Himmelskörper seine Sonnennähe erreicht, welchem die Sonnenferne, wenn die Bahn eine Ellipse ist, gerade gegenüber liegt. 2. Die Gröfse der halben Axe der Bahn oder die mittlere Entfernung von der Sonne. 3. Die Excentricität der Bahn, oder das Verhältnifs, welches der Abstand des Brennpunctes vom Mittelpuncte zur halben Axe hat. Bei der Parabel kann statt der beiden letzten Elemente nur eines, nämlich der Abstand in der Sonnennähe, angegeben werden, da in der Parabel eben so wenig die halbe Axe als die Excentricität angegeben werden kann. Ist die Bahn eines Kometen eine Hyperbel, so nennt man die Excentricität negativ, und die halbe Axe kann gleichfalls angegeben werden.

Durch die eben genannten Elemente ist, wofern die Bahn eine Ellipse ist, auch die Umlaufszeit des Planeten bekannt, indem diese aus dem dritten Keplerschen Gesetze[1] mit Hülfe der mittlern Entfernung gefunden wird. Aber um den Ort des Himmelskörpers für einen bestimmten Zeitpunct anzugeben, fehlt noch ein sechstes Element, nämlich die *Epoche*, das heifst die Angabe, in welchem Puncte der Bahn sich der Himmelskörper in einem gegebnen Augenblicke befand. Bei den Kometen giebt man gewöhnlich den Augenblick an, da sie die Sonnennähe erreichten, oder die Zeit des Perihelii. Bei den Planeten ist die Epoche gewöhnlich der Anfang irgend eines bestimmten Jahres z. B. in Laplace Exposition du système du monde der Anfang des Jahres 1750. Aus diesen Elementen läfst sich der wahre Ort des Planeten für jede Zeit berechnen. Die Epoche

1 S. *Bahn* Th. I. S. 671.

giebt nämlich die mittlere Länge des Planeten für jenen Zeitpunct an. Rechnet man also für die seit der Epoche verflossene Zeit die der ganzen Umlaufszeit gemäfse mittlere Bewegung hinzu, so hat man den *mittlern Ort* für den angegebnen Zeitpunct; da man aber auch den Ort der Sonnennähe kennt, so giebt der Unterschied beider die *mittlere Anomalie*, und da sich aus der mittlern Anomalie die *wahre Anomalie* finden läfst, so ergiebt sich der wahre Ort in der Bahn. Es erhellet aber sogleich, dafs der Abstand dieses wahren Ortes vom Knoten der Bahn, verbunden mit der Neigung der Bahn, die heliocentrische Länge und Breite des Planeten angiebt.

Auch bei den Kometen ist die Bestimmung ziemlich eben so, da man aus ihrem Abstande von der Sonne im Perihelio, die in bestimmter Zeit erlangte Anomalie sogleich herleiten kann.

Wenn man die Elemente einer Kometenbahn auch nur so zu berechnen im Stande ist, wie sie einer parabolischen Bahn entsprechen, so reichen diese dennoch hin, zu bestimmen, ob der Komet schon sonst beobachtet und berechnet ist. Findet man nämlich, dafs der neu beobachtete Komet sich in eben der Ebene bewegt, wie ein früher beobachteter, dafs die Axe seiner parabolischen Bahn mit der Axe der Bahn des früher beobachteten zusammenfällt, und er in eben der Entfernung von der Sonne seine Sonnennähe esreicht, so heifst das, er durchläuft genau dieselbe Parabel wie der früher beobachtete. Nun ist es freilich wahr, dafs diese Parabel vielleicht nie die genaue Bahn ist, sondern dafs wir uns statt derselben eine sehr lange Ellipse, deren perihelischer Abstand eben so grofs ist, denken müssen, und es könnte also allenfalls seyn, dafs zwei sehr verschiedene Ellipsen, die sich im Scheitel berührten, von diesen zwei Kometen durchlaufen würden; aber dies ist doch so wenig wahrscheinlich, dafs wir mit grofser Sicherheit den neuen Kometen als einerlei mit dem früher beobachteten ansehen dürfen. Ja wir sind sogar dann hierzu ziemlich berechtiget, wenn die Elemente nicht ganz genau zusammenstimmen, da vermöge der Perturbationen die Lage der Bahn und ihre Gestalt und Gröfse Abänderungen erleiden, die bei der langen Umlaufszeit der Kometen nicht unerheblich sind. *B.*

Elementenglas.

Ein Gefäfs, welches 4 nicht chemisch mit einander verbindbare Flüssigkeiten enthält, welche die 4 Elemente der Alten vorstellen sollen, und sich nach jedesmaligem Schütteln ihrem verschiedenen specifischen Gewichte gemäfs über einander lagern. Diese Flüssigkeiten sind: 1. Quecksilber; 2. die Auflösung von (Kieselerde-freiem) kohlensaurem Kali in der ungefähr gleichen Wassermenge; 3. gewöhnlicher Weingeist; 4. rectificirtes Steinöl. Man kann das wässerige kohlensaure Kali, welches das Wasser darstellen soll, durch etwas kohlensaures Kupferoxyd blau färben, und das Steinöl, welches das Feuer wäre, durch Drachenblut roth; doch theilt sich letztere Farbe auch dem Weingeiste mit. *G.*

Elongation.

Ausweichung; *Elongatio*; Élongation; *Elongation;* heifst die scheinbare Entfernung eines Planeten, von der Sonne oder der Winkel, welchen die nach dem Planeten und nach dem Mittelpuncte der Sonne gezogne Linien mit einander bilden. Bei den untern Planeten hat diese Elongation einen gröfsten Werth, worüber sie nicht hinausgeht. Der Planet erreicht diese gröfste Elongation, wenn die von der Erde zu ihm hin gezogene Linie die Bahn des Planeten berührt; es ist daher leicht, für eine kreisförmige Bahn des Planeten, dessen Abstand von der Sonne bekannt ist, die gröfste Elongation zu berechnen. Wegen der elliptischen Form der Bahnen sind nicht immer die gröfsten Elongationen gleich grofs, sondern es hängt dieses von der Stellung ab, welche der Planet in seiner Bahn hat, wenn jene Gesichtslinie eine Tangente der Bahn ist. Die *Venus* kann sich nie volle 48 Grade, der *Mercurius* nur $28\frac{1}{2}$ Gr. von der Sonne entfernen. *B.*

Emanationssystem.

Emissionssystem. So nennt man diejenige Theorie des Lichtes, welche annimmt, dafs das Licht als wirklich materiell von den leuchtenden Körpern ausgehend anzusehen sey,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

oder dafs es Lichttheilchen sind, die mit sehr grofser Geschwindigkeit den Raum durchlaufend zu den Orten, wo sie Erleuchtung bewirken, hingelangen.

Newton[1] wirft am Ende seiner Optik unter mehreren andern Fragen auch die auf, ob die Aussendung des Lichtes (*emissio luminis*, émission de la lumière, *emission of light*) vielleicht durch eine vibrirende Bewegung der leuchtenden Körper hervorgebracht werde; aber er macht nachher auf mehrere Schwierigkeiten aufmerksam, denen diese Hypothese unterworfen ist. In der 19ten Frage äufsert er nämlich, alle die Meinungen möchten wohl irrig seyn, welche die Phänomene des Lichtes aus neuen Modificationen der Strahlen herleiten, diese beruhten vielmehr auf proprietatibus congenitis et immutabilibus. Auch die Meinung sey irrig, dafs das Licht in einer blofsen durch ein Medium fortgepflanzten Bewegung bestehe, indem die geradlinige Bewegung an einem das Licht aufhaltende Hindernisse vorbei nicht statt finden könne, wenn jene, der Wellenbewegung ähnliche, Fortpflanzung statt fände, u. s. w. Dieses veranlafst ihn denn endlich in der 21ten Frage folgendes aufzustellen: Ob nicht die Lichtstrahlen kleine Körperchen sind, die von den leuchtenden Körpern ausgesandt, und durch die anziehenden Kräfte, mit welchen das Licht und die Körper auf einander wirken, gebrochen werden? Solche Körperchen nämlich würden durch gleichartige Medien in geraden Linien fortgehen; sie könnten gewisse Eigenschaften besitzen, und diese beim Durchgange durch verschiedene Medien ungeändert behalten; die Gesetze der Refraction liefsen sich dann genau durch Attraction der Körper gegen die Lichttheilchen erklären; die Reflexion der Strahlen, wenn sie aus dem Glase allzuschief geneigt ausfahren sollten, lasse sich doch nicht aus einem Widerstande des leeren Raumes, dagegen sehr gut durch eine Attraction, welche den Strahl nöthige, in das Innere des Glases zurückzukehren, erklären. Um die Verschiedenheit der Farben zu erklären und die ungleichen Grade der Brechbarkeit zu erhalten, habe man dann nichts anderes nöthig, als den Lichttheilchen eine verschiedene Gröfse beizulegen; die welche am kleinsten sind, würden den violetten Strahl, der auch der dunkelste und matteste ist, hervorbringen und am leichtesten und stärksten von

1 Optice, auct. Newton. quaest. 8.

ihrem Wege abgelenkt werden; die übrigen, je nachdem sie aus gröfseren Theilchen bestehen, brächten die allmälig stärkeren und lebhafteren Farben hervor, die schwerer von ihrem Wege abgelenkt werden. Um die Anwandlungen der leichtern Zurückwerfung und des leichtern Durchganges zu erklären, habe man nur nöthig anzunehmen, dafs jene kleinen Lichttheilchen in den Körpern, auf welche sie einwirken, Vibrationen hervorbringen, welche vermöge einer die Schnelligkeit der Strahlen übertreffenden Schnelligkeit so auf sie wirken, dafs sie ihre Geschwindigkeit abwechselnd vermehren und vermindern, und daher jene Wechsel oder Anwandlungen erregen. Die eigenthümliche Brechung der doppelt brechenden Körper scheine aus einer anziehenden Kraft zu entstehn, welche den Seiten der Lichttheilchen und der Krystalltheilchen eigen sey.

Dieser Ansicht, dafs der Lichtstrahl aus wirklichen schnell forteilenden Theilchen bestehe, hat man vorzüglich entgegengesetzt, dafs die von den immer leuchtenden Körpern ausgehenden Lichttheilchen endlich eine Verminderung der Masse zur Folge haben müfsten, die doch bei der Sonne nicht statt finde; dafs die nach allen möglichen Richtungen fortgehenden und sich durchkreuzenden Lichtstrahlen nicht ohne ein Aneinandertreffen der Theilchen denkbar sey, diese gegenseitigen Stöfse der Lichttheilchen aber den geraden Lauf der Strahlen verändern müsse; dafs der Durchgang durch transparente Körper nicht zu erklären sey, da diese überall dem Lichte einen offenen Durchgang zu gestatten scheinen; dafs die Weltkörper eben so gut durch diese Lichttheilchen, mit denen der ganze Weltraum erfüllt sey, müfsten aufgehalten werden, als durch einen Aether, dessen Existenz Newton deswegen leugnet, weil kein Widerstand in der Bewegung der Planeten merklich sey, u. s. w.

Es ist wohl nicht zu verkennen, dafs diese Einwürfe nicht gerade so leicht wegzuräumen sind; indefs treffen sie fast alle auch mit gleicher Gewichtigkeit die entgegengesetzte Theorie, obgleich man sie da in etwas veränderter Form aussprechen mufs. Soviel erhellt immer, man mag die Emissions- oder die Vibrationstheorie annehmen, dafs das Licht sich nach Gesetzen bewegt und die Erscheinungen, die wir wahrnehmen, nach Gesetzen bewirkt, bei welchen unsre von geworfnen Kugeln in Beziehung auf die eine, und von Wasserwellen in Beziehung

auf die andre Theorie, hergenommenen Vergleichungen als viel zu roh erscheinen.

Was die Erklärung der Erscheinungen betrifft, so kann ich bis jetzt mich nicht von der Ueberzeugung losreifsen, dafs diese bei der Emissionstheorie leichter ist; denn da die Mechanik der Wellen so höchst schwierig ist, so scheint diese mir noch nicht geeignet, uns über alle Phänomene des Lichtes Aufschlufs zu geben. Es ist wahr, dafs einige Erscheinungen z. B. die der Inflexion des Lichts der Emissionstheorie Schwierigkeiten entgegenstellen, und ich bin weit davon entfernt, diese verhehlen zu wollen; aber während wir diese Unvollkommenheit anerkennen, scheint es doch, dafs wir die einfachen und leichten Darstellungen, welche diese Theorie sonst gewährt, nicht eher aufgeben dürfen, bis sich ein noch mehr entscheidendes Uebergewicht auf der andern Seite zeigt. Alle unsere Hypothesen haben ja nur den Zweck, die Phänomene unter eine leichte Uebersicht zu bringen, die Phänomene selbst nach Zahl und Mafs zu bestimmen, und soviel möglich, die Erfolge in noch unerforschten Fällen vorauszusagen; — dieses leistet die Newton'sche Theorie in hohem Grade. — Die Wahrheit selbst aber liegt aufser dem Gebiete dessen, was menschliche Forschungen erreichen können[1]! *B.*

Entfernung

wahre; Abstand; *Distantia;* Distance; *Distance.* Die *wahre Entfernung* zweier Puncte von einander ist die *zwischen ihm gezogene gerade Linie; Abstand eines Punctes von einer geraden Linie ist die Länge des von dem Puncte auf die Linie gefällten Perpendikels; Abstand eines Punctes von einer Ebene ist die Länge des von dem Puncte auf die Ebene gefällten Perpendikels.*

Wenn man von der Entfernung zweier Körper von einander redet, so bedarf es eigentlich erst einer genaueren Bestimmung, welche Puncte man betrachten will; bei den Weltkörpern versteht man immer die Entfernung der Mittelpuncte von einander, wenn keine weitere Bestimmung beigefügt wird.

---

1 Ausführlichere Untersuchungen hierüber s. Art. *Licht.* Vergl. *Durchsichtigkeit.*

Unter *Entfernung zweier auf einer Kugeloberfläche liegender Puncte*, versteht man die *Länge des zwischen ihnen gezogenen Bogens eines gröfsten Kreises.* Da die Erde keine genaue Kugel ist, so ist im strengen Sinne die Linie, welche die Entfernung zweier Puncte auf der Oberfläche mifst, nicht mehr ein gröfster Kreis, sondern mufs mit mehr Schwierigkeit gefunden werden. Diese kürzeste Linie auf der sphäroidischen Erde heifst die *geodätische Linie;* wie man sie findet, lehrt unter andern Littrow [1]. *B.*

Entfernung

scheinbare; *Distantia apparens*; Distance apparente; *apparent Distance*; ist der Winkel, welcher in unserm Auge entsteht, wenn von den zwei Puncten, deren scheinbarer Abstand von einander bestimmt werden soll, gerade Linien bis zu unserm Auge gezogen werden. Auf diese Weise reden wir von dem scheinbaren Abstande zweier Sterne von einander u. s. w.; dafs durch diese *scheinbare* Entfernung der Gegenstände von einander ihre *wahre* Entfernung von einander gar nicht bestimmt wird, erhellet von selbst, indem zwei von unserm Auge aus fast nach derselben Richtung liegende Gegenstände doch ungemein weit von einander entfernt seyn können. Eben so wenig liegt in dieser Bestimmung der scheinbaren Entfernung ein Mittel, die wahre Entfernung derselben von uns selbst zu bestimmen, wenn nicht noch andere gegebene Stücke hinzu kommen.

Die Untersuchung, wiefern unser Urtheil bestimmt wird, wenn wir aus Umständen, die die *erscheinende* Entfernung eines Gegenstandes zu bestimmen scheinen, seine wahre Entfernung glauben angeben zu können, gehört unter die Betrachtung über Gesichtstäuschungen [2]. *B.*

Epakten.

Epactae; Epactes; *Epacts;* (ἐπακτός, hinzugekommen, also hier die hinzukommenden Tage) heifsen in der Chronologie diejenigen Zahlen, welche für ein jedes Jahr das Alter des Mondes

1 S. Astronomie. I. 278.

2 S. *Gesicht.*

am Neujahrstage angeben, oder anzeigen, um wie viel Tage der letzte Neumond des vorigen Jahres dem Anfange des Jahres vorausgegangen ist. Der letzte Neumond im Jahre 1825 fällt auf den 9. Dec, also 22 volle Tage vor Anfang des Jahres, daher ist 22 die Epakte des Jahres 1826. Fällt der Neumond auf den Neujahrstag selbst, so ist die Epacte = 0. Eigentlich zeigt die Epakte also an, wie viele Tage das Mondesalter am 31. Dec. betrug, und der Neujahrstag ist zum Beispiel schon der 23ste Tag nach dem Neumonde, wenn die Epakte 22 ist.

Da das Mondenjahr nur wenig über 354¼ Tage, also 11 Tage weniger, beträgt, als das Sonnenjahr, so nimmt die Epakte jährlich um 11 zu. Sie war z. B. für 1825, 11 oder der Neujahrstag selbst war der 12te nach dem Neumonde. Dieses giebt ein leichtes Mittel, die Epakte für jedes Jahr zu finden. Mit der güldenen Zahl 1 nämlich gehört die Epakte 0 (die man auch wohl * bezeichnet und die an die Stelle des vollen Monats oder der 30 tritt) zusammen; also mit der güldnen Zahl 2, die Epakte 11, mit der güldnen Zahl 3, die Epakte 22, mit der güldnen Zahl 4, die Epakte 3, weil der volle Monat oder Mondsumlauf einmal weggelassen wird. So erhält man folgendes Täfelchen für alle 19 Jahre des Mondscirkels[1].

Zahl der Jahre	Epakte	Zahl der Jahre	Epakte
1.	0.	11.	XX.
2.	XI.	12.	I.
3.	XXII.	13.	XII.
4.	III.	14.	XXIII.
5.	XIV.	15.	IV.
6.	XXV.	16.	XV.
7.	VI.	17.	XXVI.
8.	XVII.	18.	VII.
9.	XXVIII.	19.	XVIII.
10.	IX.	20.	0.

Der letzte Uebergang vom 19ten zum 20ten Jahre, welches wieder das erste Jahr eines neunzehnjährigen Cyclus ist, beträgt 12, und heifst der Sprung der Epakte. Man rechnet nämlich hier nach dem *Metonschen Cyclus*, welchem zufolge 235 Mondwechsel gleich 19 Sonnenjahren sind. Da nun 19 unserer Jahre

1 S. Art. *Cykel.*

$19 \times 365 + 4$ Tage, die letzten nämlich als Schalttage, enthalten, die 235 Mondwechsel aber aus $19\frac{7}{12}$ Mondenjahren bestehen, welche 19×354 und 7×30 Tage, aber wegen der Schaltjahre noch 4 Tage mehr, also $19 \times 354 + 7 \times 30 + 4 = 6940$ Tage enthalten, so mufs am Schlusse des Cyclus ein Tag zugegeben werden. Mit andern Worten, in 19 Jahren rückt der Neumond durch 11×19 oder 209 Tage fort; da man nun allemal, wenn 30 Tage voll waren, diese weggelassen hat, so würde man, wenn auch zum siebenten Male 30 ausfielen, diese Fortrückung auf 210 Tage setzen, bei dem letzten Uebergange von 18 auf 29, wird also mit Recht der Monat schon als vollendet angesehen, und mit 0 wieder angefangen.

Die eben mitgetheilte Tabelle giebt die Epakten für das jetzt laufende Jahrhundert für jeden bekannten Werth der güldnen Zahl richtig an. Da aber 19 Sonnenjahre nicht genau mit 235 Mondenmonaten übereinstimmen, sondern jene fast um $1\frac{1}{2}$ Stunden länger sind, so beträgt das nach 16 Mondcirkeln, oder genauer nach 312 Tagen, einen Tag, und im Julianischen Kalender mufs die Epakte fortgerückt werden. So ist z. B. in unsrer Zeit im Julianischen Kalender die Epakte XII mit der güldenen Zahl I verbunden, und dieses dauert von 1798 bis 2110, wo die mit der güldenen Zahl = 1 verbundene Epakte in XIII übergeht. Im Gregorischen Kalender wird dieser Unterschied zum Theil durch die wegbleibende Einschaltung ausgeglichen.

Man pflegt in den Gregorischen Kalendern die Zahlen von XXX bis I in rückwärts gehender Ordnung neben die Tage der Monate zu schreiben, so dafs der erste Januar XXX oder *, der zweite XXIX, der dritte XXVIII und so fort, der 31. Januar *, der 1. Febr. XXIX und so ferner neben sich erhält. Wäre nun die Zwischenzeit zwischen zwei Neumonden 30 Tage, so würde die Epakte jedes Jahres bei den Tagen seiner Neumonde stehen, z. B. 1825 war die Epakte XI, und in dem eben beschriebenen Kalender haben 20. Januar, 19. Februar, 21. März die Zahl XI neben sich und diese Tage würden bei jener Voraussetzung die Neumondstage geben. Aber die Voraussetzung ist unrichtig, indem der Mondsmonat nur $29\frac{1}{2}$ Tage beträgt, weshalb man abwechselnd dem ersten Mondwechsel 30, dem zweiten 29 Tage beilegt, u. s. w. Wenn man also die Zahlen beim ersten Monate von XXX, beim zweiten von XXIX anfangen läfst, so hat man am 1. Januar XXX, am 30. Januar I, am 28. Febr. I; am

30. März I, am 26. April I, am 26. Mai I, und so ferner, und nun steht die Epakte des Jahres neben den Neumondstagen. Indefs ist zu bemerken, dafs diese nach der Epakte berechneten Neumonde, da sie nur nach ganzen Tagen berechnet sind, nicht genau mit dem astronomischen Neumonde zusammentreffen, und also nur als ein oberflächliches Hülfsmittel zur Bestimmung der Mondserscheinungen gelten können.

Die ganze Anordnung dieser Epakten hatte nur den Zweck, das jedesmalige Osterfest leichter berechnen zu können, weshalb auch diese, von der astronomischen Rechnung etwas abweichenden, Epakten die *kirchlichen Epakten* heifsen; jetzt, da das Osterfest sich nach der astronomischen Bestimmung des Vollmondes richtet, hat die ganze Lehre von den Epakten nur einen sehr untergeordneten Werth. Manches dahin Gehörige, nebst den nöthigen Tabellen, enthält Kornick's System der Zeitrechnung. 1825. *B.*

Ephemeriden.

Astronomische Jahrbücher; *Ephemerides astronomicae;* Éphémerides; *Ephemeris;* sind diejenigen Bücher, in welchen der Ort der Himmelskörper für jeden Tag eines bestimmten Jahres angegeben wird, und die Erscheinungen, welche sie darbieten, voraus bekannt gemacht werden. Sie werden aus den Tafeln, welche die wahre Bewegung der Himmelskörper im Allgemeinen angeben, für die bestimmten Zeitpuncte berechnet, und dienen, um auf die Erscheinungen, die beobachtet zu werden verdienen, im Voraus aufmerksam zu machen.

Etwas diesen astronomischen Kalendern Aehnliches scheinen schon die Alten gehabt zu haben, indem man sieht, dafs sie von bevorstehenden Finsternissen u. dgl. unterrichtet waren: man weifs auch, dafs Democritus ein Buch, Parapegmata betitelt, geschrieben hat[1], welches solche astronomische Vorausbestimmungen enthielt. Im Manuscript sollen noch Ephemeriden des Rabbiners Salomon Jarchus für das Jahr 1150 vorhanden seyn[2]. Purbach gab für die Jahre 1450 bis 1461 solche

1 Vitruvii L. IX. C. 7.

2 De Zach corresp. astron. VII. 22.

Ephemeriden heraus; aber weit vollständiger und genauer waren die, welche Regiomontanus im Jahre 1474 zuerst heraus gab, und von diesen bemerkt Weidler[1]: opus hoc a litteratis tanto applausu susceptum est, ut singula exempla duodecim aureis venderentur, Hungaris, Italis, Gallis, Britannis certatim coëmentibus. Nachher haben Stöfler, Leovitius, Origanus, Kepler Ephemeriden herausgegeben, und später Manfredi's Ephemerides coelestium motuum von 1715 an, welche Zanotti von 1750 an fortsetzte, sich viel Beifall erworben.

Unter den noch jetzt jährlich herauskommenden astronomischen Kalendern haben die *Connaissance des tems*, am frühesten angefangen. Picard gab sie von 1679 an heraus, und sie sind nachher unausgesetzt herausgegeben worden. In den neuesten Zeiten sind den Berechnern der Connaissance des tems manche einzelne Nachlässigkeiten vorgeworfen worden[2].

Die von Hell 1757 angefangenen *Ephemerides astronomicae* ad meridianum Viennensem dauern noch fort.

Der *Nautical Almanac* and astronomical Ephemeris ist seit 1767, anfangs unter Maskelyne's Aufsicht, ununterbrochen herausgekommen. Auch ihm wurden in neuern Zeiten Nachlässigkeiten vorgeworfen, aber die englische Admiralität hat, bewogen durch die Verlegenheiten und Gefahren, denen Seefahrende durch eine unrichtige Ephemeride ausgesetzt sind, für eine zuverlässige sorgfältigere Revision gesorgt.

Das *astronomische Jahrbuch*, welches in wenig veränderter Form seit 1776 in Berlin herauskommt, hat unter Bode's funfzigjähriger Leitung sich immer als mit Sorgfalt berechnet gezeigt, und ist, so wie manche der Vorigen durch die Sammlung astronomischer Abhandlungen ein Buch von bleibendem Werthe.

Auch die Mailändischen *Effemeridi astronomiche* gehören noch immer zu den sehr geachteten astronomischen Ephemeriden. *B.*

---

1 Histor. Astron. XII. 13.

2 Von Zach hat dieses öfter in der Corresp. astron. gethan z.B. daselbst XIII, 7.

Epicykel.

Epicyclus; Épicycle; *Epicycle.* Die älteren Astronomen, welche die Erde als ruhend ansahen, bemerkten, dafs die Bewegungen der Himmelskörper nicht durch ein Fortrücken auf einer einfachen, ungefähr kreisförmigen, Bahn erklärt werden könnten; sie nahmen daher eine Bewegung auf einem Kreise, dessen Mittelpunct selbst einen Kreis durchlief, an, und nannten nun den Kreis, dessen Mittelpunct fortrückte, den *Epicykel*, statt dafs der andere Kreis, auf welchem der Mittelpunct des Epicykels sich bewegte, *circulus deferens* hiefs. Sobald man nämlich der Erde keine Bewegung beilegte, konnte die bald rückgängige, bald rechtläufige Bewegung der Planeten und die, besonders beim Mars auffallende, Ungleichheit ihres Abstandes von der Erde nicht durch ein Fortgehen auf einer einfachen Bahn erklärt werden, die Epicykel aber stellten dieses alles ganz gut dar. Ich will dieses an der Bewegung des *Mars* zeigen, der in ungefähr 23 Monaten einen Umlauf macht, und also nach jener Ansicht seinen Epicykel in einem Jahre durchläuft, während des Epicykels Mittelpunct in 23 Monaten auf dem Circulus deferens seinen Umlauf vollendet. Die Vergleichung der beiden Figuren, die ich hier mit gleichen Buchstaben bezeichnet liefere, wird leicht übersehen lassen, dafs in der einen, die dem wahren Weltsysteme gemäfs gezeichnet ist, die Abstände des Planeten in jedem Zeitpuncte von der Erde eben so grofs sind, und dafs die Richtungslinien nach dem Planeten hin eben die Lage haben, wie in der andern, wo die Darstellung dem Ptolemäischen Systeme gemäfs ist. Da Mars etwa 23 Monate zu seinem Umlaufe gebraucht und die Erde 12 Monate, so ist, in der wahren Ordnung der Planetenbewegungen, wenn die Erde zuerst sich in 0′ befand, als Mars in 0 war, jene in zwei Monaten nach 1′, dieser nach 1 gekommen, folglich ist 1′ 1 der wahre Abstand beider Körper von einander und die Richtung der Linie 1′ 1 gegen 1′ 0, welche letztere mit 0′ 0 parallel ist, zeigt das scheinbare Fortrücken des Mars, so wie es der Erdbewohner beurtheilt. Wäre dagegen die Erde ruhend in E geblieben, während sich im ersten Zeitpuncte der Mittelpunct des Epicykels in a, Mars aber auf dem Epicykel in 0, befand, und während jener nach b, dieser auf dem Epicykel von 0′ nach 1 fortging: so würde nach 2 Monaten Mars in 1 stehen und dem Erdbewohner

Fig. 167.

Fig. 168.

um eben den kleinen Winkel 1 E 0, wie in der ersten Figur um 1 1′ 0 fortgerückt erscheinen und E 1 wäre = 1′ 1. Die epicyklische Bewegung giebt also den relativen Ort des Mars nach Verlauf von 2 Monaten richtig an, wenn man den Mittelpunct des Epicykels so weit fortrücken läfst, als es der wahren Bewegung des Mars auf seiner Bahn gemäfs ist, und wenn man den Planeten auf dem Epicykel von einem mit a o parallel gezogenen Radius an so weit fortrücken läfst, als es der wahren Bewegung der Erde in ihrer Bahn gemäfs ist.

Für die folgenden Zeitpuncte läfst sich eben so urtheilen. Nach der wahren Ordnung der Planetenbewegungen ist nach 4 Monaten die Erde nach 2′, Mars nach 2 gekommen und 2′2 giebt die wahre Entfernung beider Körper von einander an, zöge man aber durch 2′ eine Linie mit 0′0 parallel, so würde der Winkel, den diese mit 2′2 macht, die scheinbare Fortrückung des Mars während der 4 Monate angeben. Eben so sind 3′, 3, die Stellungen beider Körper nach 6 Monaten; 4′, 4, die Stellungen nach 8 Monaten, und so liefse sich leicht weiter zeichnen. Dagegen in der epicyklischen Zeichnung würde man sagen, 4 Monate nach dem ersten Zeitpuncte sey der Mittelpunct des Epicykels nach c gelangt, so dafs der Epicykel selbst, wenn wir ihn als im Weltraume gezeichnet denken, nun die Stellung 0″ 2 hätte; auf ihm ist der Planet nach 2 gelangt, weil er in 4 Monaten auf dem Epicykel von 0″ an 120 Grade durchlaufen hat; der Planet steht also nach diesem Systeme in 2 und die Erde in E, und da die Linie E 2 eben so lang, als die wahre Distanz 2′ 2 in der ersten Figur ist, und auch die scheinbare Fortrückung, nämlich der Winkel 2 E a eben so grofs als bei der dem wahren Weltsysteme gemäfsen Zeichnung, so geben die Erscheinungen nicht so unmittelbar einen Grund, die Epicykeln zu verwerfen.

Für den vierten Zeitpunct, nach 6 Monaten, nimmt die epicyklische Zeichnung den Mittelpunct des Epicykels in d an, weil aber in 6 Monaten der Planet den halben Epicykel durchläuft, so ist er auf dem Epicykel 0‴ h h 3, nach 3 gelangt, und E 3 stellt seinen Abstand von der Erde und seine scheinbare Lage richtig dar. Im fünften Zeitpunct nach 8 Monaten versetzen wir des Epicykels Mittelpunct nach e, den ganzen Epicykel nach 0⁗ k k 4, und von e o⁗, welche mit a o parallel ist, an, hat

der Planet 240 Grade bis nach 4 durchlaufen, so das E4 seine Stellung gegen die Erde E zeigt.

Aus diesen Betrachtungen erhellet, dafs diese epicyklische Theorie die Erscheinungen darstellt; und so lange man also die Ruhe der Erde als etwas, woran nicht gezweifelt werden könne, annahm, war es begreiflich, dafs man diese Theorie als die richtige ansehen konnte. Für uns freilich, die wir nach den Kräften fragen, welche jenen leeren Mittelpunct um die Erde herumführen, und nach den Kräften, welche jener leere Mittelpunct besitzt, um den Körper auf dem Epicykel zu erhalten, für uns kann ein solches System durchaus nicht mehr haltbar erscheinen. Ja selbst Copernicus, der nach diesen Kräften noch nicht fragte, sah sehr richtig ein, dafs man nur das einzige, durch gar nichts begründete Vorurtheil, dafs die Erde unbeweglich sey, aufzugeben brauche, um ein unstreitig viel einfacheres Weltsystem, wo alle Planetenbewegungen die Sonne zum Mittelpuncte haben, zu erhalten[1]. *B.*

Epoche.

Epocha; Époque; *Epoch.* Dieses Wort wird in der *Astronomie* seiner eigentlichen Bedeutung ganz gemäfs, (ἐποχή, das Anhalten, die Hemmung) als Anfangspunct oder Haltpunct der Bewegung für einen bestimmten Zeitpunct gebraucht. Die Epoche der mittlern Länge der Sonne für die Pariser Mitternacht des 31. Decbr. 1800 war zum Beispiel 9 Zeichen 10°. 9′. 13″. und man kann also von diesem Anfangspuncte an, wenn man die tägliche mittlere Bewegung der Sonne kennt, für jeden Zeitpunct die mittlere Länge bestimmen. Diese Epoche des mittlern Ortes eines Planeten in seiner Bahn gehört daher zu den Elementen der Planetenbahn, die man kennen mufs, um die Bewegung und den Ort desselben vollständig berechnen zu können. In den Tafeln wird der mittlere Ort für den Anfang jedes Jahres angegeben, und dann die mittlere Bewegung für Tage, Stunden u. s. w. gehörig hinzugefügt.

In der *Chronologie* heifst Epoche der Zeitpunct, wo eine Periode anfängt, daher sagt man: Eine Epoche machende Begebenheit. Um die historischen Epochen mit einer allgemeinen

1 Vergl. Art. *Weltsystem.*

Zeitrechnung zu verbinden, schliefst man sie an die Julianische Periode[1] an, in deren 3961stes Jahr die Erbauung Roms fällt, in das 4714te Jahr fällt der Anfang unserer Zeitrechnung, (oder wie man annimmt, die Geburt Christi) in das 5335te die Flucht Mahomeds, u. s. w. *B.*

Erdbeben.

Erderschütterung; *Terrae motus;* Tremblement de terre; *Earthquake.*

Es ist fast mehr als wahrscheinlich, dafs alle Erdbeben eine Folge vulcanischer Operationen in der Tiefe der Erdrinde sind, und daher mit den Ausbrüchen der feuerspeienden Berge im innigsten Zusammenhange stehen. Man könnte also die ganze Untersuchung derselben dorthin verweisen, wenn anders beide Erscheinungen ohne Ausnahme mit einander verbunden wären. Indem dieses aber nicht der Fall ist, und über die Ursachen der Erdbeben noch so viele Ungewifsheit obwaltet, so kann die Sache selbst hier füglich erwähnt werden, die genauere Erörterung der Frage über ihre Ursachen aber wird am zweckmäfsigsten mit der Betrachtung der vulcanischen Erscheinungen verbunden.

1. Die Erdbeben, wenn man die stärkeren sowohl als auch die geringeren Bebungen der Erdoberfläche an einzelnen Stellen mitzählt, sind ganz allgemein verbreitet, und man darf mit Gewifsheit von keiner Gegend behaupten, dafs sie dagegen vollkommen gesichert sey. Weder Sandboden noch fruchtbares Erdreich, weder Berge, primitive oder secundäre, noch auch weite Ebenen, selbst sumpfige und wenig über den Meeresspiegel erhabene Gegenden gewähren einen absoluten Schutz gegen diese zerstörenden Erscheinungen, auch ereignen sie sich eben so gut in kalten als in heifsen und gemäfsigten Erdstrichen. Inzwischen sind sie weit häufiger in der Nähe der feuerspeienden Berge und somit auch der Meeresküsten, und gehören in einigen ihnen vorzüglich ausgesetzten Gegenden eben so sehr zu den gewöhnlichen Erscheinungen, als in andern ganz eigentlich zu den Seltenheiten. Syrien, die Asiatischen Küsten und Inseln, America und die Europäischen Küstenländer am Mittelländischen Meere nebst Island sind ihnen vorzüglich unterworfen, am we-

---

1 Vergl. *Cyklus.*

nigsten dagegen die Ebenen Africa's, Asiens und des nordöstlichen Europa's.

2. Wenn man die ganze Erde berücksichtigt, so ist die Zahl der Erdbeben, jede kleine Erschütterung mitgezählt, ausnehmend grofs, und man darf mit Dreistigkeit behaupten, dafs keine Woche, vielleicht kein Tag vergeht, an welchem nicht an irgend einem Orte der Erdoberfläche eine gröfsere oder geringere Bebung statt findet. Zu diesem Schlusse berechtigt die grofse Menge der in den cultivirten Gegenden beobachteten und die Erfahrung, dafs manche Districte fast unaufhörlich solchen Erschütterungen ausgesetzt sind. Indefs ist ihre Wiederkehr sowohl an den mehr als auch den weniger von ihnen heimgesuchten Orten durchaus keiner regelmäfsigen Periode unterworfen, indem sie oft längere, oft kürzere Zwischenzeiten hindurch ausbleiben, und dann in gröfserer oder geringerer Zahl, mehr oder minder häufig und verheerend sich einstellen. Ihr Erscheinen steht daher weder mit kosmischen, noch planetarischen Gesetzen in Verbindung, ist weder an bestimmte Jahreszeiten, noch an die Stellung des Mondes gebunden, und kann eben so gut bei Tage als bei Nacht statt finden. Hiervon überzeugt man sich bald durch einige interessante Zusammenstellungen der in gewissen Jahren oder in längeren Perioden bekannt gewordenen Erdbeben, woraus allerdings zu folgen scheint, dafs sie in einigen Jahren ungleich zahlreicher sind, als in andern, wenn anders nicht solche Jahre vorzüglich reich an denselben zu seyn scheinen, in denen gerade die cultivirteren Länder von ihnen vorzugsweise heimgesucht wurden, weswegen sie dann weniger unbeachtet blieben. Aus ihrem Zusammenhange mit den Vulcanen folgt nämlich, dafs sie in unbestimmten Perioden gewisse Länderzüge vorzugsweise heimsuchen. Solche interessante Zusammenstellungen sind unter andern das durch Cotte[1] mitgetheilte Verzeichnifs von 300 Erdbeben, welche seit 1740 bis 1806 in den bekannteren Theilen der Erde beobachtet wurden, die Aufzählung von 23 der Geschichte überlieferten Erderschütterungen blofs in der Schweiz von 563 bis

1 Journ. de Ph. LXV. 159. Eine chronologische Uebersicht der Erdbeben von 2312 v. Ch. G. bis 1760 n. Ch. G. findet man in Mém. de l'Acad. Étrang. IV. 488. Vergl. Histoire des anciennes revolutions du Globe terrestre. Par. 1753. 8.

1817 durch DE LÜC[1] u. a. m.[2]. Diese Zahlen stehen indefs in gar keinem Verhältnifs mit der Menge von Erscheinungen dieser Art, welche von einigen Gelehrten ohne eine absichtlich genaue Forschung aus den gangbarsten Zeitschriften für einzelne Jahre gesammelt sind. Als Beispiel der Menge derer, welche aus nur wenigen Ländern auf diese Weise bekannt wurden, mag folgendes Verzeichnifs von CASSINI dienen[3]. Es waren nämlich Erdbeben im Jahre 1778 den 18ten Jan. zu Hermanstadt in Siebenbürgen, verderblich für mehrere Districte der Moldau und Wallachei, wobei der einstürzende Kirchthurm 119 Menschen erschlug; den 19ten Jan. in Livorno und Tripolis; den 18ten Febr. im Districte von Lunegiana; den 2ten Apr. in der Gegend von Manheim; den 20sten Apr. zu Palma; den 30sten zu Guastalla; den 5ten Mai zu Aleppo, den 7ten Juni zu Pau; den 16ten Juni und wiederholt am 2ten Juli zu Smyrna, wobei eine Moschee einstürzte, und eine bedeutende Menge Einwohner unter den Ruinen der Privathäuser begraben wurde. Auch am 19ten, 21sten, 22sten und 23sten desselben Monats verspürte man daselbst minder heftige Erdstöfse. Es waren ferner Erdbeben am 7ten Juli und 4ten Aug. in Granada, am 12ten Aug. aber in Forti, Romagna und Toscana. Am 1sten Oct. kehrte das Erdbeben wieder in Smyrna und mit noch gröfserer Heftigkeit am 12ten, 24sten und 30sten desselben Monats, wie auch am 1sten, 3ten, 4ten, 5ten, 7ten und 16ten November. Den 7ten Nov. war ein heftiger Erdstofs zu Alicante; den 8ten zu Warasdin; den 12ten und an den folgenden Tagen zu Granada; den 16ten zu Triest; den 18ten Nov. desgleichen den 10ten, 13ten und 19ten Dec. zu Kaschau in Ungarn; am nämlichen Tage zu Homenau, Wranow, Tavarna und Tockay. Am 31sten Dec. endlich zu Passais bei Domfort.

So zahlreich die hier mitgetheilten Fälle auch sind, so ergiebt die Uebersicht derselben doch bald, dafs sie sich nur über einen kleinen Strich des südlichen Europa's und einen geringen Theil von Asien erstreckten, wobei man es nicht anders als wahrscheinlich finden kann, dafs nicht alle in dem angegebenen Länderzuge statt gefundenen, auch unbedeutendere, Er-

---

1 Bibl. univ. XVIII. 43.

2 Vergl. Bertrand Mém. sur les tremblements de terre. 1766. 4.

3 Mém. de l'Inst. IV. 549.

schütterungen aufgezeichnet seyn mögen, und gewifs nicht in Abrede stellen wird, dafs zu der nämlichen Zeit in andern Ländern sicher noch viele andere Erdbeben statt gefunden haben. Eben dieses gilt von der Zusammenstellung der gleich zahlreichen Erdbeben, welche in den Jahren 1821 und 22 bekannt wurden[1], so dafs hierdurch die oben aufgestellte Behauptung gewifs genugsam gerechtfertigt erscheinen wird. Aus dem Zusammenhange der Erdbeben mit den Vulcanen folgt aber nicht minder, dafs sie in vulcanischen Gegenden nicht blofs heftiger, sondern auch ungleich zahlreicher seyn müssen als in solchen, welche weit von diesen entfernt liegen, obgleich sie sich auch bis zu diesen letzteren erstrecken. Belege hierzu geben Island, Italien, der Asiatische Archipelagus und America.

3. Die Vorzeichen der Erdbeben könnten theils lange Zeit, theils unmittelbar vorhergehende seyn. Kries[2] verwirft alle Vorzeichen derselben, und hat hierin vollkommen Recht, sobald von solchen die Rede ist, aus denen man eine längere Zeit vorher ein bevorstehendes Erdbeben mit einigem Grade der Wahrscheinlichkeit ahnden oder muthmafsen könnte. Ein Beweis dieser Behauptung ist ganz überflüssig, sobald man nur berücksichtigt, dafs nach allen historischen Thatsachen die Wirkungen derselben so verheerend sind, weil sie ganz unvermuthet einbrechen und ohne irgend eine Vorkehrung zur Sicherung dagegen zu verstatten. Rücksichtlich der nahe vorhergehenden Vorzeichen ist die Entscheidung schwer, indem es fraglich bleibt, ob diejenigen, welche man als solche anzugeben pflegt, nicht zu den Erscheinungen der Erdbeben selbst oder als mit ihnen verbunden zu betrachten sind. Weil aber zu den Erdbeben, strenge genommen, nur die eigentlichen Erschütterungen, Hebungen und Schwankungen des Bodens und der nahe liegenden Meere gehören, so lassen sich folgende Erscheinungen allerdings als unmittelbar vorhergehend oder sie begleitend ansehen.

1. Wegen des innigen Zusammenhanges zwischen den Erdbeben und den vulcanischen Kräften hören oft die Vulcane derjenigen Gegenden auf zu rauchen oder überhaupt thätig zu seyn,

---

1 Ann. de Chim. et Ph. XVIII. 413. XXI. 393. Vergl. Ebend. XXX. 411.

2 Von den Ursachen der Erdbeben von Fr. Kries u. s. w. Utrecht 1820. 8.

in deren auch weithin sich erstreckenden Gebieten Erderschütterungen eintreffen. So hörte v. Humboldt, dafs die Rauchsäule aus dem Vulcane bei Pasto zur nämlichen Zeit aufzusteigen aufhörte, als im Jahre 1797 die Städte Riobamba, Hambato und Tacunga erschüttert wurden[1], auch fürchtet man in Neapel und Messina die Erdbeben am meisten, wenn die benachbarten Vulcane zu rauchen aufhören[2].

2. Die Brunnen und Quellen der Gegenden, denen die Erschütterungen bevorstehen, zeigen oft schon mehrere Tage vorher auffallende Veränderungen. Namentlich sinkt das Wasser in den Brunnen, so dafs die Seile verlängert werden müssen, eine dem Einziehen des Rauches in die vulcanischen Crater correspondirende Erscheinung. So sank das Wasser in der Darse[3] vor dem Erdbeben von Catanea im Jahre 1818, und in Neapel ereignete es sich oft, dafs die Eimer der Brunnen vor den Erderschütterungen das Wasser nicht mehr erreichten, eine Erscheinung, welche indefs als Folge grofser Dürre auch täuschend seyn kann. Zuweilen wird das Wasser der Brunnen brakisch und trübe, wie gleichfalls von dem Erdbeben in Catanea beobachtet wurde[4], wobei sich zugleich 14 Springbrunnen heifsen Wassers einige Minuten vor dem ersten Stofse in den Ritzen der alten Lava des Aetna bildeten, aus denen noch einige Tage nachher heifser Dampf strömte, wie denn auch schon vorher an verschiedenen Orten Wasser aus den Rissen der alten Lava drang.

3. Den Erdbeben vorausgehend, mehr aber sie begleitend ist die Erscheinung, dafs Flammen aus der Erde schlagen und in der Dunkelheit der Nacht ein gewisser leuchtender Schein die Gegend erhellet. Solche Flammen zeigen sich, den bisherigen Beobachtungen nach, indefs blofs in eigentlich vulcanischen Gegenden, steigen aber auch aus dem Meere auf, und sind nur Vorboten oder Begleiter heftiger Erderschütterungen. Man bemerkte dieselben aus den alten Lavaschichten des Aetna hervorbrechen, als 1818 Catanea verwüstet wurde[5], noch mehr sah

---

1 Voyage aux Terres équinox. cet. I. 317.

2 v. Hoff Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche II. 74.

3 S. Agatino Longo in Bibl. Ital. 1818. Sept. Bibl. univ. 1818. Nov.

4 Agatino Longo a. a. O.

5 S. Agatino Longo a. a. O.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

man solche Flammen aufblitzen bei dem furchtbaren Erdbeben, welches 1822 Syrien verheerte, und den Nachrichten gemäfs soll des Nachts eine Erhellung, wie vom Lichte des Vollmonds, statt gefunden haben[1]. Am bestimmtesten ist die Sache bewahrheitet durch die genaue Beobachtung, dafs beim Erdbeben in Zante 1820 etwa 3 bis 4 Minuten vor dem ersten Stofse am Vorgebirge Geraca ein über dem Wasser schwebendes feuriges Meteor 5 bis 6 Minuten lang brennend gesehen wurde[2]. Uebrigens hängt diese Sache ohne Zweifel oder mindestens muthmafslich damit zusammen, dafs bei Erdbeben die benachbarten Vulcane zuweilen einige Secunden hindurch Flammen ausspeien und die umliegende Gegend erhellen, wie dieses namentlich 1822 bei der Zerstörung von Valparaiso der Fall war, indem gleichzeitig zu Valdivia unter 39° 59′ S. B. nur ein leichter Erdstofs verspürt, und zugleich eine Erhellung der ganzen Gegend durch die Flammen der benachbarten Vulcane wahrgenommen wurde[3].

4. Als den Erschütterungen unmittelbar vorangehend, noch eigentlicher aber mit ihnen zusammenfallend ist ein eigenthümliches unterirdisches Donnern, ein Getöse wie beim Abfeuern des groben Geschützes, aber dumpfer als der Donner des Gewitters. Die Erscheinung ist so allgemein, wenigstens mit allen nur etwas stärkeren Bebungen verbunden, dafs es keiner Beispiele zum Beweise derselben bedarf, und Personen, welche mehrere Erdstöfse erlebt haben, lernen den eigenthümlichen Ton so genau kennen, dafs sie aus demselben auf das begleitende Phänomen zu schliefsen vermögen.

5. Das erwähnte Hervorbrechen von Flammen aus der Erde und dem Meere setzt das Aufsteigen brennbarer und mephitischer Gasarten voraus. Wenn man nun annimmt, dafs diese den eigentlichen Erschütterungen wohl in geringerem Grade einige Zeit vorausgehen, und dafs dieses zuweilen auch rücksichtlich des minder merkbaren unterirdischen Getöses der Fall seyn mag, so läge in beiden ein nothwendiger Grund zu einem Vorzeichen der Erdbeben, welches oft im Allgemeinen angegeben wird, ohne dafs ich dasselbe jedoch bei den Beschreibungen heftiger Erscheinungen dieser Art ausdrücklich erwähnt finde, nämlich

---

1 Frankfurter Zeitung 1822. No. 360.

2 Journ. de Phys. XCII. 465.

3 Ann. Chim. et Phys. XXVII. 382.

die Unruhe und das Geheule der Thiere, sowohl der zahmen als auch der wilden. Dafs dasselbe während der Bebungen selbst und der dadurch angerichteten Verwüstungen statt finden müsse, ist wohl mehr als zu natürlich, auch wird in den Beschreibungen einiger americanischer Erdbeben, z. B. in Caracas, des Heulens der Affen und der sonstigen wilden Thiere in den umgebenden Wäldern ausdrücklich gedacht, allein in jenen furchtbaren Augenblicken haben die Beobachter zu sehr mit sich selbst und den umgebenden Menschen zu thun, als dafs sie so etwas genau bemerken sollten. Obgleich daher die Thiere bei ihren schärferen Sinneswerkzeugen und der gröfseren Nähe derselben über der Erdoberfläche wegen des Riechens mephitischer Gasarten und des Wahrnehmens vorangehenden Donnerns füglich eine Vorempfindung bevorstehender Erdbeben haben, und diese auf gewisse Weise ausdrücken könnten, so kann doch hierin weder ein allgemeines noch auch ein sicheres Vorzeichen gegeben seyn, weil sonst die gefürchteten Erdstöfse nicht so unerwartet und überraschend eintreffen könnten, als selbst in den oft heimgesuchten Gegenden wirklich geschieht.

Einen Zusammenhang der Erdbeben mit atmosphärischen Veränderungen verwirft Kries[1] gänzlich, und mit vollem Rechte. Dagegen behaupteten viele, z. B. Richard, Bertrand, Cotte u. a. früher einen bedeutenden Einfluſs derselben auf die Witterung[2]. Allerdings sehen viele, welche der Sache weniger kundig sind, ungewöhnlich tiefe Barometerstände, heftige Stürme, Wintergewitter mit auffallend lauer und milder Witterung als Vorboten und Zeichen naher oder entfernter Erdbeben an, ohne dafs jedoch die Erfahrung dieses bestätigt, vielmehr hat Gronau durch Zusammenstellung der während 119 Jahren gemachten Erfahrungen gezeigt, dafs Erdbeben und vulcanische Ausbrüche weder auf das Barometer noch auf die Witterung irgend einen Einfluſs äufsern[3]. Einige meinen, dafs die Erderschütterungen gewöhnlich auf sehr nasse Jahre folgen, allein namentlich folgten die ziemlich weit und allgemein in Deutschland[4], einer sonst selten davon heimgesuchten Gegend, im No-

1 a. a. O.
2 J. de Ph. LXV. 164.
3 Magaz. d. Ges. Nat. Freunde III. 249.
4 Ann. de Chim. et. Phys. XXI. 393.

vember 1822 beobachteten vielmehr auf einen sehr trocken Sommer, und vor dem schrecklichen Erdbeben in Caracas 1812 war auf 90 Lieues in die Runde seit 5 Monaten kein Tropfen Regen gefallen. Eben so unrichtig ist es endlich, das häufige Sternschnuppen, Feuerkugeln und andere leuchtende Meteore, eine heifse, drückende und das Sonnenlicht rothfärbende Luft mit dicken und schwarzen Wolken ihnen vorausgehen sollen[1].

Wenn man berücksichtigt, wie zahlreich die Erdbeben sind, über wie weit ausgedehnte Gegenden sie sich zuweilen erstrecken und wie oft, bei den gröfseren, einzelne Stöfse auch nach längeren Zwischenzeiten wiederkehren, so kann es nicht fehlen, dafs sie mit den verschiedensten Zuständen der Witterung und mit den mannigfaltigsten meteorischen Erscheinungen verbunden seyn müssen, weswegen es nicht schwer fallen kann, für eine jede der genannten Behauptungen eine oder mehrere Erfahrungen beizubringen, worunter einige allerdings etwas sehr Ueberraschendes haben. Dahin gehört namentlich das heftige Erdbeben zu Zante am 29sten Dec. 1820. Schon einige Tage vorher fiel eine ungewöhnliche Wärme auf, noch mehr aber der früh Morgens ausbrechende heftige Sturm, auf welchen plötzlich eine überraschende Windstille folgte. Der Sturm erhob sich nach dem Erdstofse wieder und ging zum Orkane über, welcher mit Platzregen und starkem Hagel begleitet war. In der nächstfolgenden Nacht verursachte der anhaltende Platzregen eine bedeutende Ueberschwemmung, auch dauerte der entstandene SO. Wind noch bis 25 Tage nachher mit einer eintretenden schneidenden Kälte[2]. Man übersieht aber bald, dafs hierbei zwei ganz heterogene Erscheinungen zufällig zusammentrafen, deren jede auf die gewöhnliche Weise verlief, ohne dafs ein Causalnexus zwischen beiden anzunehmen ist; auch erfolgte am 6ten Jan. des folgenden Jahres ein wiederholter, gleichfalls ziemlich heftiger, Erdstofs ohne irgend eine Veränderung der herrschenden Witterung. Etwas Auffallendes konnte es allerdings haben, dafs auch das im folgenden Jahre hauptsächlich am 17ten Nov. in Jassy, Dubossary und einem Theile der Moldau nach öffentlichen Blättern beobachtete nicht unbedeutende

1 Gehler a. A. II. 8.

2 Journ. de Phys. XCII. 465. Ann. de Ch. et Ph. XV. 422. XVIII, 417.

Erdbeben von heftigen Stürmen und Regen begleitet war, und überhaupt die zahlreichen Erderschütterungen dieses Jahres 1821 mit einer im Ganzen regnerischen Witterung zusammenfielen[1]. Endlich wird auch bei den Beschreibungen der schrecklichen Stürme, der Hurrikanes und Tornado's, welche mit furchtbaren Ueberschwemmungen verbunden namentlich die tropischen Inseln und Küstenländer verheeren, häufig von begleitenden Erdbeben geredet, allein dieses geschieht meistens nur von Unkundigen, welche bei jeder Erschütterung ihrer Wohnungen durch Sturm oder Fluthen, eben wie in unseren Gegenden, sogleich Erdbeben vermuthen, und dann aus begreiflichen Gründen auch wahrzunehmen glauben[2]. Fände wirklich ein Causalnexus statt zwischen den genannten meteorologischen Erscheinungen und den Erdbeben, so müfsten beide sich vorzüglich dann vereinigt zeigen, wenn die letzteren in ihrer furchtbarsten Gestalt hervortreten, wovon aber häufig gerade das Gegentheil beobachtet ist. So stand namentlich bei dem erwähnten Erdbeben in Caracas der ruhige, völlig wolkenlose und heitere Himmel im grellen Contraste mit den Verwüstungen auf der Erde und dem Jammergeschrei der Verunglückten; bei der Zerstörung von Catanea war das Wetter schön, und einige leichte Wolken, welche sich während desselben gebildet hatten, verschwanden bald wieder, endlich war im Sommer 1822 während der ganzen Dauer der wiederholten furchtbaren Erdstöfse, welche Syrien verheerten, das Wetter mehr als gewöhnlich warm und heiter, ohne irgend ein ausgezeichnetes meteorologisches Phänomen. Allerdings wird auch erwähnt[3], dafs nach dem Erdbeben in Valparaiso am 19ten Nov. 1822 es dort regnete, was sonst im November daselbst nie beobachtet ist. Diese Erscheinung würde aber, wenn sie nicht zufällig war, mehr den gleichzeitigen vulcanischen Ausbrüchen, in Folge der dadurch gebildeten Wasserdämpfe, als dem eigentlichen Erdbeben beizumessen seyn.

---

1 Ann. Ch. et Ph. XVIII. 413. XXI. 393.

2 Bei der Ueberschwemmung verschiedener deutscher Provinzen im October und November 1824 wurden von mehreren Seiten her beobachtete Erdbeben angegeben, deren keins bestätigt ist. Von welcher Art die Beobachtungen waren, läfst sich unter andern daraus abnehmen, dafs jemand angab, sein Haus sey durch ein Erdbeben erschüttert, wenn der Stofs nicht durch einen Baum in den Fluthen verursacht wäre.

3 Ann. Ch. et Ph. XXVII. 382.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die Ursache, weswegen man sehr allgemein bei heftigen Stürmen und Regengüssen, so wie diesen vorausgehenden ungewöhnlich tiefen Barometerständen auf nahe oder entfernte Erdbeben schliefst, liegt wahrscheinlich in dem tiefen Eindrucke, welchen diese nicht lange nach einander folgenden Erscheinungen in dem merkmürdigen Jahre 1755 hinterlassen haben. Es soll nämlich[1] am 14ten Oct. zu Locarno in der Alpenkette früh um 8 Uhr ein warmer Dampf aufgestiegen seyn, welcher sich binnen zwei Stunden in einen röthlichen Nebel verwandelte, und als es gegen Abend regnete, fiel zugleich eine blutrothe Substanz nieder, welche sich in dem aufgefangenen Wasser als röthliche, leimige Masse zu Boden senkte. Dieser Purpurregen soll in einer Ausdehnung von 20 deutschen Meilen, selbst bis Schwaben hin, beobachtet seyn. Es folgten dann 14 Tage anhaltende heftige Regengüsse, wodurch die Flüsse in der Lombardei, die in den Alpen entspringen, und die Rhone anschwollen und austraten, auch tobten an jenen Orten heftige Orkane. Diese nasse und stürmische Witterung dauerte fort, auch fiel in der Mitte des Novembers, also später als das Lissaboner Erdbeben vom 1sten dieses Monates, nochmals in Ulm solcher röthlicher Regen. — Nehmen wir diesen Begebenheiten das Schreckhafte, welches sich aus dem darauf folgenden zerstörenden Naturphänomene so leicht in unsere Vorstellung einschleicht, so kommen sie auf zwei einfache Erscheinungen zurück, nämlich einen Regen mit rothen erdigen Stoffen vermengt, wie später noch einigemale ohne Erdbeben beobachtet sind, und eine Ueberschwemmung der Lombardischen Flüsse, durch südliche feuchte Luftströmungen veranlafst, welche noch weniger selten sind, mit den Erdbeben aber in keiner Verbindung stehen, das Zusammentreffen der nassen Witterung mit diesem war also eben so zufällig, als das der grofsen Dürre mit jenem von Caracas; wir würden aber die Erklärung dieser Phänomene unmöglich machen, wenn wir sie in Causalnexus bringen wollten.

IV. Die wesentlichen Erscheinungen der Erdbeben sind zwar an sich sehr einfach, aber nichts desto weniger sowohl rücksichtlich der Ursachen als auch der Wirkungen höchst räth-

---

1 S. Im. Kant Geschichte und Naturbeschreibung der merkwürdigsten Vorfälle d. Erdbebens, welches am Ende des 1755sten Jahres einen grofsen Theil d. Erde erschüttert hat. Königsb. 1756. 4.

selhaft und schwierig zu erklären. In der Hauptsache bestehen sie nämlich aus Bebungen und Erschütterungen der Erdrinde, welche über gröfsere oder kleinere Strecken ausgedehnt mehr oder minder heftig sind, in der Regel eine gewisse Richtung befolgen, in welcher sie zugleich fortzuschreiten scheinen, und sich meistens zuerst als senkrechte Hebungen, dann als horizontale Schwankungen und bei sehr grofser Heftigkeit in einigen Fällen auch als rotatorische Schwingungen zeigen[1]. Nimmt man hierzu die heftigen Bewegungen des Meeres, verbunden mit einem oft unglaublichen Steigen und Fallen desselben, so sind damit die gesammten Erscheinungen an sich zwar gegeben, allein es ist zugleich kaum begreiflich, wie es möglich sey, dafs eine durch unterirdische Ursachen erzeugte Erschütterung der festen, an den Erdball gebundenen Rinde solche zerstörende Bebungen hervorbringen könne. Ich werde daher die wichtigsten Erscheinungen, welche nach unzweifelhaften Beobachtungen auf dem Lande statt finden, zuerst im Allgemeinen angeben, dann die Schwankungen des Meeres gleichfalls beschreiben, und endlich eine Uebersicht der bekanntesten Erdbeben in den verschiedenen Gegenden der Erde hinzufügen.

1. Die leichteren Erdstöfse, aus lothrechten Hebungen und horizontalen Schwankungen bestehend, erzeugen meistens ein Krachen in den Häusern als Folge einer Bewegung der Balken in ihren Fugen, ein Klirren der Gläser, Rütteln der Tassen, Urnen und sonstiger leicht beweglicher Sachen auf und in den Schränken, auf Comoden, Tischen und Gesimsen, ein Verschieben der Betten und Meubeln, Läuten der Glocken, Schwanken der Waagebalken u. dgl. m. Personen, welche die Erscheinung nicht kennen, oder aus dem begleitenden donnerähnlichen, unterirdischen Getöse nicht als solche entnehmen, fühlen sich unstät im Stehen, insbesondere aber auf ihren Sitzen, und glauben sich von einem plötzlichen Schwindel ergriffen. Sind die Erschütterungen heftiger bis zu den heftigsten, dann sind sie allerdings auch für den Unkundigen kenntlich genug. Dann stürzen die Schornsteine herab, Häuser und Mauern zerreifsen und bersten, die schwersten und massivsten Gebäude werden zertrümmert, und begraben die Bewohner unter ihren Ruinen, während die leichten nur Risse bekommen und ganz leichte Rohr-

1 Moto vorticoso der Neapolitaner. S. v. Hoff a. a. O. II. 71.

hütten dem Verderben am wenigsten unterliegen. In einigen Fällen ist das Zerbrechen und gleichsam Zerriebenwerden der stärksten Steine über alle Vorstellung hinausgehend. Hierbei ist aus leicht begreiflichen Gründen der Aufenthalt in den Häusern und überhaupt in den bewohnten Orten am gefährlichsten, allein auch Felder und Berge gewähren keine vollkommene Sicherheit, indem die ersteren an einigen Stellen bersten, zuweilen stückweise herausgerissen und fortgeschleudert werden, die letzteren aber nicht selten in die Tiefe herabgleiten, Flüsse abdämmen und hierdurch Ueberschwemmungen anrichten.

Wenn schon die durch diese Bebungen angerichteten Verheerungen alle Vorstellung übersteigen, so ist dieses noch mehr der Fall bei den rotatorischen Erschütterungen, deren Möglichkeit man zu bezweifeln geneigt seyn müfste, wenn nicht die Thatsachen über allen Zweifel erhoben wären, obgleich sie unter die seltenern oder mindestens die nicht häufig beobachteten gehören. Agatino Longo erwähnt[1], dafs bei dem Erdbeben zu Catanea, dessen Richtung im Allgemeinen von SO. nach NW. ging, mehrere Statüen gedrehet wurden, und namentlich fand man die Richtung einer grofsen Steinmasse um 25° von O. nach S. verändert. Noch auffallender aber ward diese rotatorische Bewegung bei dem Erdbeben zu Valparaiso am 19ten Nov. 1822 beobachtet, indem mehrere Häuser umgedrehet, drei Palmen aber wie Weiden um einander gewunden wurden[2].

Nur die geringeren Erdbeben gehen mit einem einzigen Stofse vorüber; bei den meisten erfolgen in kurzen Zwischenräumen mehrere, und meistens so viel zahlreichere, je heftiger die Erschütterung überhaupt ist. Von den Stöfsen ist der erste, eben so oft aber, wo nicht noch öfter, der zweite der stärkste. Aufserdem aber werden die Erschütterungen auch nach längeren Zwischenräumen wiederholt, wie denn die Erdbeben in Syrien zuweilen mehrere Monate hindurch mit kürzeren oder längeren Pausen fortdauern. In der Regel aber ist die erste Katastrophe die gewaltsamste und zerstörendste.

2. Wie bedeutend grofs die Strecken sind, welche durch die Erdbeben in eigentliche Schwankungen gesetzt werden, dieses ersieht man hauptsächlich aus den Flutungen des Meeres.

---

1 Bibl. univ. 1818. Nov.

2 Ann. Ch. et Ph. XXVII. 382.

Am ausgezeichnetsten war in dieser Hinsicht das Erdbeben von *Lissabon* im Jahre 1755, überhaupt für Europa das stärkste, welches diesen Erdtheil jemals heimgesucht hat. Der Ocean überschwemmte dabei die Küsten von Schweden, England und Spanien; in America die Inseln Antigua, Barbados und Martinique. In Barbados erhob sich die Fluth, welche sonst nur 24 bis 28 Z. steigt, zu 20 F. in der Bai von Carlisle, und das Wasser erschien schwarz wie Tinte, wahrscheinlich von dem Erdpech, welches aus dem Meeresboden empor gestofsen wurde[1]. Schon am ersten Nov. als die Erschütterung am stärksten war, zog sich das Wasser bei Guadaloupe zweimal zurück, und stieg bei der Rückkehr im Canal der Insel 10 bis 12 F. hoch. Aehnliche Erscheinungen zeigten sich bei Martinique. In Cadix überschwemmte eine 60 F. hohe Meereswelle einen Theil der Stadt, und sogar in den Schweizerseen, namentlich dem Genfer, verspürte man die Bewegungen 6 Stunden nach dem ersten Stofse[2]. Merkwürdig aber ist, dafs im See Ontario die Bewegungen schon im October 1755 verspürt wurden[3]. Beim Erdbeben von Lima 1586 stieg eine Meereswelle im Hafen von Callao 84 F. hoch, im J. 1746 aber wurden eben daselbst 23 Schiffe versenkt. Als 1693 *Syrakus* durch ein Erdbeben zerstört wurde, wich das Meer so plötzlich zurück, dafs viele Fische auf dem trocknen Grunde zurückblieben, kehrte aber bald mit solcher Heftigkeit zurück, dafs es in die Stadt und Citadelle trat, und dort nachher eine Menge Fische zurückliefs. Bei dem Erdbeben in *Calabrien* 1783 trat nicht blofs das Meer über seine Ufer, und verschlang eine Menge Menschen, sondern es wurde überhaupt in einem solchen Grade erschüttert, dafs die Kanonen auf den Schiffen einige Zolle in die Höhe sprangen[4].

4. Aufser den erwähnten allgemeinen Wirkungen der Erdbeben giebt es noch einzelne, welche nicht unmittelbar aus den Erschütterungen folgen, und daher sich seltener ereignen. Hierhin gehört das schon erwähnte Herabgleiten ganzer Theile von

---

1 Ueber die starken Flutungen bei Lissabon selbst s. *Ebbe.* No. 32.

2 Phil. Tr. XLIX. 403. LII. 424. Dafs selbst im nördlichen Deutschlande mäfsig grofse Teiche in merkliche Schwankungen geriethen, weifs ich von Augenzeugen.

3 V. Humboldt Reis. d. Ueb. I. 497.

4 S. Torcia's Beschreibung.

Bergen wie z. B. bei Dobratsch[1] im Jahre 1345, das Zusammenstürzen zweier Berge auf Jamaica 1692, wodurch ein Flufsbette zugedämmt wurde. Eben daselbst glitt ein Theil eines Berges herab und bedeckte mehrere Plantagen, die Stadt Portroyal sank acht Lachter tief ein, und eine Fläche von 1000 Morgen Landes mit allen darauf befindlichen Gebäuden stürzte zusammen. Auf der Insel Trinidad sanken 1766 mehrere Berge bedeutend herab, und auf Mindanao soll 1640 der Gipfel eines Berges über eine deutsche Meile fortgeschleudert seyn, welches indefs kaum möglich ist. Dafs übrigens durch so heftige Erschütterungen Spalten in der Erdrinde entstehen und Quellen sich in diese verlieren, dafs intermittirende Brunnen perennirend werden, Flüsse ihren Lauf verändern und eben so verstopfte Quellen an andern Orten wieder hervorbrechen können, liegt eben so sehr in der Natur der Sache, als es durch die Erfahrung bestätigt wird. Ein eigentliches Entstehen neuer Quellen finde ich blofs als kurze Zeit dauernd und aus den Ritzen alter Lava hervorbrechend erwähnt; dafs aber bedeutende Ueberschwemmungen als Folge des aus der Erde gedrungenen Wassers durch Erdbeben veranlafst werden sollten, wie dieses mehrfach von der am Ende des Jahres 1824 über einen grofsen Theil von Deutschland verbreiteten behauptet wurde, streitet nicht blofs gegen die Erfahrung, sondern auch gegen die Gesetze der Mechanik[2]. Grofse und bleibende Veränderungen der Erdoberfläche, namentlich das Versinken und Entstehen von Inseln und Küsten gehört nicht sowohl eigentlich den Bebungen der Erdrinde, als vielmehr den vulcanischen, mit diesen verbundenen Operationen an.

Die einzelnen Stöfse folgen oft sehr schnell, oft nach gröfseren oder geringeren Zeitintervallen auf einander; sie sind mitunter einzeln, nicht selten zahlreich, und in vulcanischen Gebieten dauern die abwechselnden Erschütterungen zuweilen Monate und selbst Jahre lang, worauf dann wieder kürzere, längere und sogar Decennien und Jahrhunderte dauernde Zwischenräume folgen. Merkwürdig ist in dieser Hinsicht, dafs Syrien

---

1 S. Reise durch einige Theile vom mittägl. Deutschland. 1798. S. 63.

2 S. Schübler's und meine Abhandlungen in Poggendorf's Journ. III. 129 u. 145.

seit dem Erdbeben, welches 1204 Antiochien, Damascus und Tripolis zugleich erschütterte, bis in die zweite Hälfte des 17ten Jahrhunderts verschont blieb, obgleich fast keine Gegend der Erde durch diese zerstörenden Naturerscheinungen mehr leidet, als gerade jene. Die eigentliche Dauer eines einzelnen Stofses, einer einzelnen Bebung endlich ist schwer zu bestimmen. Im Allgemeinen ist ihre Dauer unzweifelhaft kurz, und beschränkt sich bei den geringeren, von ruhigern und daher mit gröfserer Aufmerksamkeit beobachtenden Zeugen wahrgenommenen, auf nur wenige Secunden. Bei den gröfseren, z. B. in Lima, Caracas, Calabrien, Catanea, Zante, Antiochien u. s. w. wird die Zeit zu 50 Sec. bis 1,5 Min. oder unbestimmt zu wenigen Minuten, wenigen Augenblicken angegeben. Wenn man berücksichtigt, dafs sogleich bei der ersten Wahrnehmung die Aufmerksamkeit ausnehmend gespannt ist, die Zeitdauer der Erscheinung dann aber nicht vermittelst einer Uhr gemessen, sondern nach Gutdünken geschätzt wird, unter solchen Verhältnissen aber die Zeit ungleich länger angegeben zu werden pflegt, als sie wirklich ist, so läfst sich mit hoher Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs die Dauer einer einzelnen Erschütterung wenige Secunden, ich möchte sagen höchstens eine halbe Minute sicher nicht übersteigt.

Hiermit sind die hauptsächlichsten Bewegungen des Meeres zugleich mit angegeben, welche im Allgemeinen in plötzlichen Erhebungen desselben, Ueberströmungen über die Küsten, Senkungen, und Erschütterungen bestehen. Die Schiffe gerathen dabei selbst in bedeutender Entfernung vom Lande in eine solche zitternde Bewegung, als wenn sie über einer Menge von Klippen hinführen. Dieses war der Fall bei dem Erdbeben zu Lissabon von 1816 bis auf 160 ja sogar bis auf 270 Seemeilen von der Küste. Zugleich hören die Schiffe ein unter ihnen scheinbar befindliches Krachen, welches in Verbindung mit der gleichzeitigen Bebung die Schiffer glauben macht, das Fahrzeug habe einen bedeutenden Stofs und Leck erhalten[1].

V. Eine vollständige Aufzählung aller bekannter Erdbeben könnte blofs durch das Auffallende der Menge dieser Erscheinungen Interesse erregen, übrigens aber nicht anders als ermüdend seyn. Hier würde eine solche ohnehin nicht am rechten

1 Edinb. Journ. of Sc. VII. 71. Vergl. VIII. 264.

Orte stehen, und es wird daher genügen, nur eine allgemeine Uebersicht der vorzüglichsten mitzutheilen, um daraus einen ohngefähren Begriff ihrer verhältnifsmäfsigen Menge in den verschiedenen Erdtheilen und der Gesammtheit der dazu gehörigen Erscheinungen zu erhalten.

In *Europa* ist keine Gegend mehr durch Erdbeben heimgesucht, als Italien mit den umliegenden Inseln. Das erste, welches daselbst am meisten Aufsehen machte, war das vom Jahre 63 n. Ch., wobei Herculaneum und Pompeji, die nachher im J. 79 durch die Asche und Lave des Vesuv's überschütteten Städte, untergingen[1]. Seitdem sind sie sowohl dort, als auch besonders in Sicilien häufig wiedergekehrt, bis zum 12ten Jahrhunderte jedoch ungleich seltener, als von da an bis auf die neuesten Zeiten, namentlich im 18ten und 19ten Jahrhunderte[2]. Unter allen diesen möge nur eins der jüngsten in Calabrien und eins in Sicilien näher beschrieben werden.

Das Erdbeben, wodurch Calabrien und die Stadt Messina zerstört wurden, wüthete vom 5ten Febr. bis 28sten März 1783 in ungleichen Perioden. Nach Torcia[3] war der Hauptsitz desselben das Städtchen Oppido in der Nähe des Aspramonte, einer mit Schnee bedeckten Spitze der Appenninen. Von hieraus verbreitete es sich auf 5 deutsche Meilen in die Runde, also über eine Fläche von 80 Quadratmeilen, schien vom Aetna auszugehen und unter dem Meere hin fortgepflanzt zu werden, welches um so auffallender ist, da diese ganze Gegend aus Urgebirgen besteht. Man vernahm wiederholt ein von SW. herkommendes, donnerähnliches Getöse, welchem die Erschütterungen folgten, wodurch ganze Strecken der Gegend von der granitischen Unterlage herabglitten. Bei Scylla stürzte ein grofser Theil des Berges ins Meer, die zurückgedrängten Fluthen kehrten mit Un-

---

1 Senec. Quaest. Nat. VI. 1.

2 S. v. Hoff a. a. O. II. 180 ff.

3 Kurze Beschreibung des Erdbebens, welches Messina und einen Theil Calabriens betroffen. Aus d. Ital. d. H. Torcia. Nürnb. 1783. Vergl. Dolomieu Mém. sur le tremblement de terre cet. Rome 1784. W. Hamilton in Phil. Trans. LXXIII. I. 169. deutsch. Nachricht von dem letzten Erdbeben in Calabrien u. Sicilien u. s. w. a. d. F. von G. F. Wehrs. Hann. 4. Andere Uebers. Wittenb. 1783. Giov. Vivenzio Istoria e teoria de' tremuoti ed in particulare di quelli della Calabria e di Messina di 1783. Napoli 1783. 4.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

gestüm zurück, und rissen 1450 Menschen mit sich fort. Gegen 400 Städte und Dörfer wurden zerstört, mehr als 100 Berge glitten herab, stürzten zusammen, dämmten Flüsse zu, bildeten Seen, und überhaupt wurde die Gegend so verändert, dafs man sie kaum wieder erkannte. Im Ganzen sollen an 100,000 Menschen dabei umgekommen und beschädigt seyn, und von manchen Familien fanden sich kaum einige entfernte Verwandte als Erben. Oppido war geborsten, Terranuova löste sich vom Hügel ab und sank in den Muro, über den Ortschaften erhoben sich beim Einstürzen dicke Staubwolken und in manchen blieb kein Stein auf dem andern. Als sonderbare Ereignisse erzählt Graf Stolberg[1], dafs ein Mann, eine Frau und ein Esel zusammt dem Boden, worauf sie gingen, aufgehoben, und über einen Flufs geworfen wurden. Ein anderer Mann safs auf einem Citronenbaume, während dieser mit dem Erdreich aufgehoben und eine Strecke fortgeschleudert wurde, wo er dann wieder festwuchs.

Das heftigste Erdbeben in Sicilien seit dem von 1693, wodurch gegen 50 Ortschaften zerstört wurden, und nahe an 100,000 Menschen umkamen[2], war das am 20sten Febr. 1818, welches insbesondere die Stadt Catanea mit ihrer Umgegend traf[3]. Als Vorzeichen wollen die Molluskenfischer bemerkt haben, dafs sie durch die Wellen gleichsam vom Ufer zurückgestofsen wurden, auch soll das Wasser dort warm gewesen seyn. Glücklicherweise erfolgte der Hauptstofs am Tage, als die wenigsten Menschen in den Häusern waren. Die Richtung der Erschütterung war von SO. nach NW. und man konnte deutlich die aufwärts gerichtete, die horizontale Bewegung und die Wirkungen einer eigentlichen Drehung wahrnehmen. Aufser den gewöhnlichen Zerstörungen wurden mehrere Kreuze auf den Gipfeln der Kirchen gebogen, welches man von Blitzen ableiten wollte. Merkwürdig aber ist, dafs einige Mauern für einen Augenblick so zerrissen wurden, dafs man den Mond durchscheinen sah, dennoch aber fielen sie so genau wieder zusammen, dafs man kaum den Rifs bemerkte. Zu Catanea, Mascalucia,

---

1 Reisen III. 249.

2 S. T. Bergmann physik. Beschreib. d. Erdkugel. II. §. 150.

3 S. Agatino Longo memoria storico-fisico, sul tremuoto. in Bibl. Ital. Set. 1818. Bibl. univ. 1818. Nov.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Nicolosi, Trecastagne, Vigrande, Aci-Catane, Zafarana u. a. a. O. wurden eine Menge Gebäude gänzlich zerstört oder bedeutend beschädigt.

Unter die schrecklichsten, hauptsächlich aber die am weitesten verbreiteten Erdbeben gehört das zu Lissabon vom 1sten Nov. 1755, auf welches ein minder heftiges am 31sten März 1761 folgte[1]. Ein Theil der Stadt versank im Meere, ein anderer wurde von den Fluthen des Taio überschwemmt, und die Zahl der dabei umgekommenen Menschen wird auf 30000 angegeben. Am meisten Aufsehen erregte dieses Erdbeben durch den unglaublich grofsen Umfang, in welchem gleichzeitig geringere Erdstöfse verspürt wurden. Sie verbreiteten sich nämlich von Grönland und Island aus über Norwegen, Schweden, Deutschland, die Schweiz, Frankreich, Spanien, Marocco, Salee, Fez, Tetuan, selbst bis zu den Antillen und zum See Ontario. Auf den ersten heftigen Stofs in Lissabon folgten abwechselnd noch mehrere nach ungleichen Zwischenzeiten in verschiedenen Gegenden Europa's, am 9ten Dec. aber noch ein heftiger zu Lissabon und ebendaselbst abermals am 27sten desselben Monats, und zu gleicher Zeit wurde eine merkwürdige Erschütterung wahrgenommen, deren Richtung auf die frühere fast genau perpendiculär war. Sie lief nämlich durch das Rheinthal vom Elsafs und Lothringen nach Cöln, und von dort auf der einen Seite westwärts durch Brabant bis zur Picardie, und ostwärts durch Cleve bis nach Westphalen.

Die Erdbeben in den meisten übrigen Theilen von Europa sind minder bedeutend und keiner besondern Erwähnung werth. In der Schweiz sollen sie vom 11ten bis zum 15ten Jahrhundert häufiger und stärker gewesen seyn[2], in Deutschland, Polen, Rufsland, Skandinavien und Grofsbrittannien gehören sie unter die Seltenheiten, und richten kaum merklichen Schaden an. Mehr unterworfen sind ihnen die südlichen Küstenländer von Spanien und Frankreich, wie sich zuletzt noch 1822 gezeigt

1 Unter den vielen Nachrichten darüber s. Hollmann de terrae motibus cet. in Sylloge Comment. Gott. p. 1. Berwicke in Phil. Trans. XLIX. 424. Antonio Ulloa ebend. 427. Michell ebend. LI. 566. Vergl. v. Humboldt Voyages cet. I. 516. v. Hoff a. a. O. II. 213 und 271.

2 S. Mayer Bemerkungen auf einer Reise durch Thüringen, Franken u. s. w. Berlin 1818. Bd. I.

hat[1]. Durchaus vulcanisch, und eben daher von Erdbeben oft heimgesucht, ist *Island*, jedoch sind jene ganz den vulcanischen Wirkungen zugehörig. Als ein Beweis ihrer Bedeutsamkeit mag daher blofs die Erwähnung dienen, dafs im Jahre 1784 auf einmal blofs im Syssel Arnefs 372 Maierhöfe beschädigt, und zwar 69 derselben ganz umgestürzt und 64 unbewohnbar gemacht wurden. Auf der ganzen Insel wurden 1409 Häuser mehr oder minder zerstört[2].

Dalmatien, Ungarn, die Moldau und Wallachei, die Europäische Türkei und Griechenland sind allerdings häufigern und heftigern Katastrophen dieser Art ausgesetzt. Als Beispiel möge dasjenige angeführt werden, wodurch am 29sten Dec. 1820 *Zante* zerstört wurde. Schon im Anfange der Nacht hörte man ein unterirdisches Getöse, wie einzelne Schläge auf eine Trommel. Plötzlich folgte die Erschütterung, welche im Ganzen etwa 30 Sec. dauerte, zuerst in die Höhe gehend, dann horizontal schwankend und endlich gleichfalls rotatorisch. Es wurden hierdurch 80 Häuser ganz zusammengeworfen, 800 stark beschädigt und alle übrigen in einem geringeren Grade. Am 6ten Januar des folgenden Jahres kam abermals ein merklicher Erdstofs, aber ungleich geringer als der vorige. Merkwürdig war allerdings, dafs nur 4 Menschen dabei ums Leben kamen, weit mehr aber beschädigt wurden. Am nämlichen 29sten Dec., aber schon früh Morgens, war ein heftiges Erdbeben an der Südküste der Insel Celebes[3].

So schrecklich auch einige der Europäischen Erdeben waren, so stehen sie doch in keiner Vergleichung mit denen, wodurch manche Gegenden von *Asien* verheert wurden. Uebergeht man hierbei diejenigen, welche auf den Inseln, dem östlichen Continente und in den Umgebungen des Caspischen Meeres beobachtet wurden, so zieht insbesondere *Syrien* wegen der oft erlittenen Verheerungen die Aufmerksamkeit auf sich[4]. Unter die stärksten gehört das vom Jahre 17 n. Ch. G. wodurch 13 grofse Städte in einer Nacht zerstört wurden[5], ein anderes vom

---

1 Ann. Ch. Ph. XXI. 393.
2 Island. Von Ebenezer Henderson. II. 243.
3 Journ. de Ph. XCII. 465. Ann. Ch. P. XV. 422. XVIII. 417.
4 S. die Erdkunde von C. Ritter. Berlin 1818. II. 333.
5 Plin. H. N. II. 84.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Jahre 315, wodurch Areopolis unterging[1], und die schrecklichsten von allen unter der Regierung JUSTINIAN's[2]. Im Jahre 526 wurden in den Städten am Orontes, hauptsächlich in Antiochien, 200000 Menschen erschlagen, i. J. 551 wurden Barytus, Sidon und viele andere Städte vernichtet, das mittelländische Meer trat an einigen Stellen aus seinen Ufern. Im J. 1169 dauerten die einzelnen Erschütterungen gegen vier Monate und wieder 1202 zerstörte ein neues Erdbeben eine Menge Städte, verschüttete ganze Thäler des Libanon, und zertrümmerte die Ortschaften des Basaltzuges von Hauran, so dafs man nach dem Ausdrucke jener Zeit nicht mehr sagen konnte: hier stehe diese oder jene Stadt. Nach einiger Ruhe und minder verheerenden Katastrophen war 1759 wieder eins der furchtbarsten Erdbeben, welches 6 Wochen anhielt, und bei dessen erstem Stofse die Städte Antiochien, Balbeck, Sayd, Acre, Fussa, Saphet, Nazareth und Tripolis in Trümmern gelegt und 30000 Menschen erschlagen wurden[3]. Wohl noch anhaltender und verheerender war das neueste Erdbeben von 1822, wobei namentlich am 13ten Aug. in einer schrecklichen Nacht Aleppo, Antiochien, Dschollib, Biha, Gisser, Schogr, Derkusch, Armenas, ja sogar jedes einzelne Dorf und jede einzelne Hütte innerhalb des Paschaliks von Aleppo binnen 10 bis 12 Sec. gänzlich zernichtet und in einen Schutthaufen verwandelt wurden. Wenigstens 20000 Menschen verloren dabei das Leben und noch mehrere wurden verstümmelt, eine bei der gesunkenen Bevölkerung jener Gegend sehr bedeutende Zahl. Die äufsersten Grenzpuncte, wo die Erschütterung stark genug war, um Häuser umzustürzen, waren Diarbekr und Merkab, Haleb und Skanderum, Killis und Khan-Schekum. Aber die Bebungen wurden bis Damascus, Cypern und Adana, auf offener See bis zwei Meilen von Cypern verspürt[4].

Africa ist an sich höchst unbekannt, und so kennt man auch keine Erdbeben seines innern Continentes, wo sie übrigens auch wahrscheinlich weder häufig noch bedeutend sind. Die

1 Hieronymus Com. in Jos. c. 15.

2 S. Gibbon Hist. VII. a. E.

3 Ritter a. a. O.

4 Frankf. Zeit. 1822. No. 360. Sehr ausführlich über die Erdbeben in Syrien ist v. Hoff a. a. O. II. 136 ff.

Südspitze dieses Welttheils wird nur selten durch geringe Erschütterungen heimgesucht, weit häufiger und stärker die Nordküste, wo noch 1825 im März Algier und Blida nicht unbedeutend litten. Im Ganzen aber sind auch diese zu unwichtig, um hier besonders erwähnt zu werden.

Dagegen steht *America*, insbesondere der südliche Theil desselben, keinem Erdtheile an Gröfse, Zahl und Dauer der Erdbeben nach. Bei der Menge der dort überall verbreiteten Vulcane stehen sie aber mit den Wirkungen dieser meistens in so nahem Zusammenhange, dafs beide nicht füglich getrennt werden können, und ich erwähne daher hier nur einige der hauptsächlichsten. Dahin gehört vorzüglich das von 1746, wodurch binnen drei Minuten *Lima* gröfstentheils zerstört, *Callao* überschwemmt wurde, und von 4000 Menschen nur 200 entkamen. Die heftigen Schwankungen des Meeres und der Untergang von 23 Schiffen ist schon oben erwähnt. Eine minder starke Katastrophe hatte die nämliche Gegend schon 1586 erduldet. Nicht minder schrecklich war die Zerstörung von Neu-Andalusien im Jahre 1766 am 21sten Oct., wobei die Bebungen sich über Cumana, Caracas, Maracaibo, die Gestade des Casanare, des Meta, Orenoco und des Venturio erstreckten, und selbst die völlig granitischen Gegenden in der Mission von Encaramada unter heftigem Getöse erschüttert wurden[1].

Unter die bekanntesten Erdbeben aber gehört dasjenige, welches 1797 einen grofsen Theil von *Peru* verwüstete. Die Erschütterung ging vom Vulcane Tunguragua aus, erstreckte sich auf 140 franz. Meilen von W. nach O. und auf 170 von NO. nach SW., dauerte mit schwachen Stöfsen den ganzen Februar und März, und wurde mit gröfster Heftigkeit am 5ten April erneuert. Eine Menge Ortschaften und Gegenden wurden durch die herabstürzenden Bergspitzen verschüttet, aus den Vulcanen strömten schlammige Wasser, bedeckten die Gegenden, und überzogen sie mit einer nachher erhärtenden Erdrinde. Es sollen hierbei im Ganzen 16000 Menschen umgekommen seyn[2].

Das Erdbeben von *Valparaiso*, heftiger als man seit 1730 in Chili eines erlebt hatte, ist mit seinen Eigenthümlichkeiten schon erwähnt. In einer Zeit von 2 bis 3 Minuten am 19ten

---

1 v. Humboldt's Reis. d. Ueb. III. 40.

2 Journ. de Ph. l'an. VII. Fischer spanische Miscellen Bd. I.

Nov. 1822 um 11 Uhr Nachts wurden alle Häuser bedeutend beschädigt und viele umgestürzt. Geringere Schwankungen dauerten noch bis 4½ Uhr Morgens. Das Meer an der Küste sank gleichzeitig um 12 F. und 150 bis 200 Menschen wurden erschlagen. Hierbei war es, dafs man die rotatorischen Bewegungen wahrnahm[1].

Nicht leicht war ein Erdbeben für einen einzelnen Ort zerstörender, als dasjenige, wodurch *Caracas* 1812 unterging, und wovon v. Humboldt eine eben so genaue als lehrreiche Beschreibung geliefert hat[2]. Caracas glaubte wegen der dortigen Urgebirge sich versichert, obgleich schon 1641, 1703, 1778 ein stärkeres und 1802 geringere Erdstöfse verspürt waren. Dafs auch diese Gegend in einem vulcanischen Zuge liegt, und daher solchen Katastrophen ausgesetzt seyn mufs, bezweifelte v. Humboldt nach seinen Beobachtungen nicht. In diesem vulcanischen Kreise waren zuletzt im December 1811 verschiedene Erdstöfse verspürt, als mit dem 26sten März der Stadt *Caracas* der Tag ihres Unterganges erschien. Der Himmel war heiter, und in Venezuela war seit 5 Monaten kein Tropfen Regen gefallen, warnende Vorzeichen gingen nicht voraus, sondern ganz unvermuthet erfolgte Abends 4 U. 7 Min. der erste Stofs, wodurch die Glocken zu läuten anfingen. Sogleich folgte ein zweiter, welcher den Boden wellenförmig wallen machte, bald darauf ein unterirdisches Getöse und dann wieder eine senkrechte, bald in eine wellenförmige übergehende Erschütterung, welcher nichts zu widerstehen vermochte. Anstatt sofort das Freie zu suchen, war das Volk augenblicklich in die Kirchen geströmt, wohin man noch obendrein eine Procession anordnete, als schon die Menge der dort versammelten Menschen unter den Ruinen begraben wurde. Zwei Kirchen nämlich, der Trinida und der alta gracia von mehr als 150 F. Höhe und durch 12 bis 15 F. dicke Pfeiler gestützt, stürzten in Schutthaufen von 6 F. Höhe, grofsentheils in Staub zermalmt, zusammen. Die Caserne El Quartel verschwand fast ganz, und ein darin aufgestelltes Regiment, welches zur Procession gehen sollte, verschwand bis auf wenige noch zugleich mit. Neun Zehntel der Stadt waren gänzlich zerstört, und die meisten übrig gebliebenen

1 Frankf. Zeit. 1823. No. 100. Ann. Ch. Ph. XXVII. 382.
2 Relat. Hist. liv. V. c. 1.

Häuser waren unbewohnbar. Man berechnet die Zahl der Erschlagenen auf nahe 10000, diejenigen ungerechnet, welche durch Verstümmelung und Mangel an Nahrung nachher umkamen. Als die Staubwolke sich gelegt hatte, folgte eine heitere Nacht, welche mit der Zerstörung der Erde und den mit Leichen bedeckten Trümmern einen furchtbaren Contrast bildete. Die Dauer der eigentlichen Stöfse wird von einigen 50 Min. von andern 1 Min. 12 Sec. angegeben.

Die Erschütterungen verbreiteten sich auch über die Provinz Venezuela, Varinas, Maracaibo und die Gebirge im Innern des Landes. La Guyara, Mayquetia, Antimano, Baruta, la Vega, S. Felipe und Merida wurden fast ganz zerstört. In Guyara und Felipe betrug die Zahl der Erschlagenen gegen 5000. Das Erdbeben schien in einer Linie von ONO. nach WSW. von Guyara und Caracas nach den Bergen von Niquitao und Merida am heftigsten gewesen zu seyn, erstreckte sich über eine Länge von 180 franz. Meilen von Caracas bis an den Magdalenenfluss, und war stärker auf den Gneifs- und Glimmerschiefer-Cordilleren, als in den Ebenen. Zu Valecillo bei Valencia warf die zerrissene Erde so viel Wasser aus, dafs sich ein Strom daraus bildete, und ebenso bei Porto Cabello; dagegen wurde der Spiegel des Sees von Maracaibo vermindert. Alle seitwärts vom eigentlichen Zuge gelegenen Gegenden, namentlich die sonst so gefährlichen Küsten von Araya, Cumana und Nueva Barcellona litten nichts.

Am 27sten März folgte noch eine heftige, mit starkem Donner begleitete Erschütterung, und eine der ersten an Heftigkeit wenigstens gleiche am 5ten April. Hierbei stürzten grofse Felsmassen von der Silla de Caracas, und man glaubte zu bemerken, dafs der Gipfel sich an 50 bis 60 Toisen gesenkt habe, wie denn auch beim Erdbeben in Quito der Tunguragua gesunken seyn soll[1].

VI. Da gegenwärtig ein inniger und ursächlicher Zusammenhang zwischen den Erdbeben und den vulcanischen Aus-

---

1 Sehr vollständig und belehrend über die Erdbeben ist v. Hoff in seinem erwähnten Werke, hauptsächlich in Hinsicht auf die überall genau nachgewiesenen Quellen. Ebendaselbst findet man Th. II. S. 559 auch eine Angabe der Schriften, welche Verzeichnisse der Erdbeben enthalten.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

brüchen nicht mehr bezweifelt werden kann, die früheren Hypothesen über die Ursachen dieser Phänomene aber mit der gegenwärtig geläuterten physikalischen Kenntnissen unverträglich sind, so wird es genügen, diese nur kurz zu erwähnen, die Untersuchungen über die Ursachen der gesammten vulcanischen Wirkungen aber am geeigneten Orte nachzuholen [1].

Die anfängliche Hypothese, wonach die Ausbrüche der Vulcane sowohl als auch die Erdbeben Wirkungen des Centralfeuers seyn sollten, wurde hauptsächlich zuerst angefochten durch W. Stukeley [2], welcher aus den Erscheinungen zweier zu London am 8ten Febr. und 8ten März 1749 beobachteten Erdbeben zu beweisen suchte, dafs eine hohe Spannung der Elektricität dieselben erzeuge. Andreas Bina [3] gab sie noch bestimmter für Erschütterungsschläge aus, durch unterirdische Flaschen erzeugt, welche er in dortigen Wasserbehältern, von Schwefel und Pech umschlossen, zu finden glaubte. Beccaria [4] suchte bekanntlich der Elektricität alle nur möglicherweise mit ihr vereinbare Erscheinungen beizumessen, und so glaubte er auch, dafs eine Anhäufung derselben in der Erdrinde Erschütterungsschläge gegen die Wolken verursache, welche sich dann als Erdbeben zeigten. Lange stellte man einen zum Beweise dieser Behauptung ersonnenen Versuch an, indem der Verbindungsdraht einer leidener Flasche über eine Glasscheibe geleitet, hier etwa 1 Z. weit unterbrochen, nnd über diese Unterbrechung eine Scheibe Elfenbein mit Kartenhäuschen gelegt wurde, welche durch die Erschütterung des Flaschenschlages zerstiebten [5]. Weder die Anwendbarkeit dieses naiv ausgedachten Versuches, noch auch die ganze Theorie verdienen irgend eine Widerlegung. Auch in America fand v. Humboldt die Meinung herrschend, dafs die Erdbeben elektrische Erscheinungen seyen, bemerkt aber zugleich, dafs dieses mit der Vorliebe für den Americaner Frank-

1 S. *Vulcane.*

2 Phil. Trans. XLVI. No. 497. The philosophy of earthquakes natural and religious. Lond. 1750. 8. Vergl. Hales ebendaselbst XLVI. 497.

3 Ragionamente sopra la cagione de terremuoti. In Perugia. 1751. 4.

4 Lettere dell' elettricismo. Bologna 1758. 4.

5 Cavallo vollständ. Abh. der Lehre von der El. 3te Aufl. Leipz. 1785. p. 184. u. 284.

LIN entschuldigt werden müsse[1]. Die Erfindung der Volta'schen Säule und die Beobachtung ihrer ausgezeichneten Wirkungen bewog viele Gelehrte, am wenigsten jedoch die eigentlichen, mit der Natur dieses merkwürdigen Apparates innig vertrauten Physiker, die ganze Erde als eine solche Säule anzusehen oder im Innern derselben ähnliche Apparate anzunehmen. Es belohnt sich inzwischen auch hierbei der Mühe nicht, die gänzliche Unhaltbarkeit einer solchen Hypothese nachzuweisen.

Inzwischen veranlafste diese Theorie den Abbé BERTHOLON DE ST. LAZARE einen *Erdbebenableiter* (paratremblement de terre) anzugeben[2], welcher FRANKLIN's Blitzableitern nachgebildet war. Man soll nämlich lange eiserne Stangen so tief als möglich in die Erde senken, und sowohl ihr unteres, als auch ihr oberes hervorragendes Ende mit einer Krone von mehreren Spitzen versehen. Einige deutsche Schriftsteller, namentlich WIEDEBURG[3], haben diese Vorschläge wiederholt, ohne zu bedenken, dafs bei der ungeheuern Ausdehnung der Erschütterungskreise die wirkliche Ausführung derselben noch weit mehr an der factischen Unmöglichkeit scheitern müfste, als dieses bei den neuerdings beliebten Hagelableitern der Fall seyn würde[4].

M.

Erdbebenmesser

ist ein in die physikalischen Apparate nicht eigentlich eingeführtes Werkzeug, welches durch den Mechanicus SALSANO in Neapel in Vorschlag gebracht[5], schwerlich aber jemals wirklich ausgeführt wurde. Dasselbe besteht aus einem langen Pendel mit einem 36 ℔ schweren Gewichte, und einem Pinsel am unteren Ende, dessen Bestimmung seyn sollte, mit einer färbenden Substanz die Gröfse der erregten Schwingungen und die Richtung derselben auf einer untergelegten papiernen Windrose zu zeichnen. Aufserdem sollte am Gewichte des Pendels eine Querstange mit Klöppeln angebracht werden, um bei der Bewe-

---

1 v. Humboldt Voy. II. 6.

2 Journ. de Ph. XIV. 3.

3 Ueber die Erdbeben. Jena 1784. 8.

4 Ueber die einzigen Verhütungsmittel der Erdbeben, nämlich tiefe Brunnen. S. *Vulcane*.

5 Lichtenberg Mag. II. 2. p. 68.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

gung an Glocken zu schlagen, und den Beobachter aufmerksam zu machen. Die wirkliche Ausführung des Vorschlags würde mit weit gröfseren Schwierigkeiten verbunden seyn, als durch den unsichern Nutzen einer solchen Vorrichtung aufgewogen werden könnten. *M.*

Erde.

Erden; *Terrae*; Terres, *Earths.* Unter Erde verstanden die älteren Chemiker eine einfache, solide, feuerbeständige, farblose, geschmacklose und nicht im Wasser lösliche Materie. Später zeigte sich, dafs es mehrere dergleichen Erden gäbe, welche sich nicht auf einander zurückführen lassen, und es wurden verschiedenartige Erden unterschieden. Endlich zeigte H. Davy, dafs sie alle aus eigenthümlichen Metallen oder diesen ähnlichen Substanzen und aus Sauerstoff bestehen, so wie sie auch in ihren chemischen Verhältnissen mit den übrigen Metalloxyden (die Alkalien mit inbegriffen) so sehr übereinkommen, dafs eine genaue Abgrenzung unmöglich ist. Heutzutage werden allgemein zu den Erden gerechnet: die Zirkon-, Alaun-, Sofs- nnd Ytter-Erde; bald zu den Erden, bald zu den Säuren zählt man die Kieselerde; bald zu den Erden, als alkalische Erden, bald zu den Alkalien die Bitter-Kalk-Strontian- und Baryt-Erde[1], und auch das Ceriumoxydul hat so grofse Aehnlichkeit mit der Yttererde, dafs es schon von Klaproth den Erden beigezählt wurde. *G.*

Erde.

Erdkugel, Erdball; *Terra*, *Globus terraqueus*, *globus terrestris*; Terre; *Earth.*

Man bezeichnet hiermit denjenigen Planeten, welchen wir bewohnen. Als hauptsächlichste Theile der hierher gehörigen Untersuchung lassen sich betrachten die *Bewegung dieses Körpers um seine Axe und im Weltraume*, überhaupt die Stelle, welche derselbe im Sonnensysteme unter den übrigen Planeten einnimmt, die *Gröfse* und *Gestalt* der Erde, ihre *Dichtigkeit*

1 S. *Alkali.*

und die Beschaffenheit ihrer inneren Theile, ihre *Temperatur* mit Rücksicht auf die sie umgebende Atmosphäre, die *Bestandtheile ihrer Rinde* nebst deren Wechseln und Lagerungsverhältnissen, ihre *Oberfläche* mit den Abwechselungen der Erhabenheiten und Vertiefungen, des Festen und Flüssigen, endlich die *Art ihrer ursprünglichen Bildung* und die *Veränderungen*, durch welche sie ihren gegenwärtigen Zustand erhalten hat. Alles dieses gehört dem geringeren Theile nach zur Astronomie, dem bei weitem gröfseren nach zur mathematischen und physischen Geographie, zur Geognosie und Geologie. Dafs ein jeder dieser einzelnen wissenschaftlichen Zweige in grofsen Werken umfassend und gründlich bearbeitet sey, ist allgemein bekannt, und dafs sie insgesammt von grofsem Nutzen und von hoher Wichtigkeit für den Physiker sind, aufserdem aber allgemeines Interesse erregen, wird eben so wenig von irgend jemanden in Abrede gestellt werden. So sehr nun aber dieses Werk seiner Anlage gemäfs nach möglichster Vollständigkeit der zur Physik gehörigen Lehren strebt, so würde es doch die bestimmten Grenzen weit überschreiten, wenn ich auch nur das Wichtigere von demjenigen aufnehmen wollte, was der Forschungsgeist der Gelehrten über alle die genannten Disciplinen bisher aufgefunden hat, und ich werde mich daher begnügen, nur die allerwichtigsten Thatsachen zusammenzustellen, um hierdurch eine allgemeine Uebersicht des Ganzen zu verschaffen.

M.

I. Bewegung der Erde um ihre Axe und im Weltraume.

Obgleich die frühern Astronomen sehr geneigt waren, die Erde als ruhend anzusehen und der Sonne eine Bewegung um die Erde beizulegen, so kann man doch jetzt aus dem im Art. *Weltsystem* anzuführenden Gründen mit Sicherheit behaupten, dafs die Erde ein Planet ist, und dafs sie nach genau eben den Gesetzen, wie die übrigen Planeten, Umläufe um die Sonne vollendet.

Die Erde ist unter den bekannten Planeten von der Sonne aus gezählt der dritte, indem Mercurius und Venus der Sonne näher sind, und daher *untere* Planeten heifsen: Mars, Ceres, Vesta, Juno, Pallas, Jupiter, Saturnus, Uranus, lau-

fen in gröfsern Bahnen um die Sonne und heifsen *obere* Planeten.

Vermöge dieser Stellung im Planetensysteme sieht man von der Erde aus die untern Planeten immer ziemlich nahe bei der Sonne, an welcher sie bei der untern Conjunction so vorübergehen, dafs sie uns näher als die Sonne sind, in der obern Conjunction gehen sie im entferntern Theile ihrer Bahn, jenseits der Sonne an ihr vorbei, die obern Planeten dagegen erscheinen uns zuweilen in Opposition mit der Sonne, und dieses ist der Zeitpunct, wo sie uns am nächsten sind; sie erscheinen in Conjunction mit der Sonne, wenn sie in dem entferntern Theile ihrer Bahn jenseits der Sonne sich befinden[1].

Die Bahn der Erde ist eine Ellipse, in deren einem Brennpuncte die Sonne steht. Die halbe grofse Axe dieser Ellipse, oder die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, welche man vorzüglich aus den Beobachtungen des Vorüberganges des Venus vor der Sonne bestimmt hat[2], ist nach Enke's Berechnungen 20666800 Meilen, und wenn man alle vorhandenen Beobachtungen vergleicht, so kann man nach Enke behaupten, dafs diese Entfernung nicht unter 20577649 und nicht über 20755943 Meilen betragen kann. Diese Entfernung ist ungefähr dem 12000fachen Durchmesser der Erde gleich, und wegen dieser geringen Gröfse der Erde in Vergleichung gegen ihren Abstand von der Sonne, ist die Parallaxe der Sonne sehr geringe, nur 8″,58.

Die elliptische Bahn der Erde ist nur wenig excentrisch; die Excentricität beträgt 0,016780 der mittlern Entfernung, und ändert sich abnehmend in hundert Jahren um 0,000042. Wegen dieses Abstandes der Sonne vom Mittelpuncte der Bahn, ist die Bewegung der Erde und folglich auch die scheinbare Bewegung der Sonne ungleich, der Unterschied zwischen der mittlern und wahren Anomalie kann bei der Erde nur höchstens 1° 55′ 22″ betragen, und dieses ist die gröfste Mittelpunctsgleichung. Die Erde erreicht ihre Sonnennähe, wenn sie sich in der Länge =3 Zeichen 9°35′ befindet, also am 10ten Tage nach dem Wintersolstitium, die Lage der Erdbahn aber ändert sich so, dafs ihre grofse Axe ihre Stellung jährlich um 11¾ Sec. ändert; daher kömmt die Erde in jedem Jahre etwas später zur Sonnennähe.

---

1 S. *Aspecten*, *Opposition*, *Conjunction*.

2 S. *Durchgang*.

Die Bewegung der Erde in ihrer Bahn ist, nach den in den Art. *Bahn* und *Centralbewegung* angegebenen Gesetzen so bestimmt, dafs die beschriebenen Sectoren den Zeiten proportional sind, und hiernach wird die Stellung der Erde zu irgend einer gegebenen Zeit bestimmt.

Die ganze Umlaufszeit der Erde heifst ein Sonnenjahr, und zwar 1. ein siderisches Sonnenjahr = 365¼ Tage oder genauer = 365,256383 Tage diejenige Zeit, da die Erde vom Mittelpuncte der Sonne aus gesehen zu eben dem Sterne zurückkehrt; 2. ein tropisches Sonnenjahr = 365 Tage 5 Stunden 48′ 51½″ die Zeit, da sie in Beziehung auf die Nachtgleichen einerlei Stellung wieder erlangt; 3. die anomalistische Umlaufszeit = 365 Tage, 6 Stunden 13′ 59″[1]. Die Zeit, da die Erde zu einerlei Stellung in Beziehung auf die grofse Axe der Bahn zurückkehrt.

Wenn man die Gröfse der Bahn berechnet, welche die Erde durchläuft, so findet man, dafs die Erde täglich 355800 Meilen, oder stündlich 14800 Meilen, oder in 1 Minute 246 Meilen, in 1 Secunde 4,1 Meilen zurücklegt. Diese Geschwindigkeit von 93700 Pariser Fufs in 1 Sec. ist also ungemein viel gröfser, als alle Bewegungen, welche wir auf der Erde zu beobachten Gelegenheit haben.

Die Ebene, in welcher die Erde ihre Bewegung vollendet, ist fast unveränderlich, und die Ekliptik am Himmel bleibt daher fast völlig immer derselbe gröfste Kreis. Die Richtung der Bewegung der Erde in ihrer Bahn geht nach der Ordnung der Zeichen, das ist, wenn ein Beobachter in der Sonne so aufrecht stände, dafs sein Kopf gegen den nördlichen Pol der Ekliptik gerichtet wäre, so sähe dieser die Erde in ihrer Bahn von der rechten Seite gegen die linke fortrücken.

Die Umdrehung oder Rotation der Erde um ihre Axe findet so statt, dafs die Umdrehungsaxe, mit sich selbst parallel bleibend, um die Sonne fortgeführt wird, während die sämmtlichen übrigen Puncte der Erde ihre täglichen Umläufe um diese Axe vollenden. Die Richtung der Umdrehung um die Axe ist ebenfalls nach der Ordnung der Zeichen, das heifst, wenn ein Beobachter im Mittelpuncte der Erde, den Kopf gegen den Nordpol aufrecht gerichtet stände, und immer nach einem bestimmten Sterne, am besten im Aequator, blickte, so würde er die Ge-

1 In mittl. Zeit.

genstände auf der Erde (wenn man sich diese als ihm sichtbar dächte,) von der rechten zur linken Seite vorüber gehen sehen. Denken wir uns also eben den Beobachter, in eben der Stellung, aber sein Auge immer auf einen bestimmten Punct der Erde (den Chimborasso zum Beispiel) gerichtet, so bleiben die Sterne so hinter diesem Gegenstande zurück, dafs sie in Vergleichung gegen diesen Gegenstand von der linken nach der rechten Seite zu gehen scheinen; diese letztere Beobachtung ist der ganz ähnlich, welche wir über die scheinbare tägl. Bewegung der Gestirne anstellen, und es erhellet, warum die Sterne uns von Osten nach Süden und Westen fortzurücken scheinen, während die wahre Rotation der Erde die entgegengesetzte Richtung hat.

Die Zeit einer Umdrehung der Erde oder der Sterntag ist zu allen Zeiten gleich grofs gewesen und leidet gar keinen, für unsre Beobachtung bemerkbare Aenderung. Dieser Zeitraum würde daher das einfachste und beste Zeitmafs abgeben, wenn wir nicht durch die Beziehung, in welcher wir mit der Sonne stehen, veranlafst würden, nach mittlern Sonnentagen zu rechnen. In mittlerer Sonnenzeit ausgedrückt ist der Sterntag gleich 23 Stunden 56 Min. 4 Sec.

Die Geschwindigkeit, mit welcher jeder Ort auf der Erde, vermöge dieser Umdrehung fortgeführt wird, ist verschieden nach der Lage der Orte. Da nämlich die Pole der Erde gänzlich ruhen, und jeder Punct auf der Oberfläche der Erde einen Kreis um den Pol durchläuft, diese Parallelkreise des Aequators aber desto kleiner sind, je näher sie dem Pole liegen und dennoch alle Orte auf der Erde in gleichen Zeiten um die Erdaxe herumgeführt werden, so ist die Rotationsbewegung der dem Pole nahen Orte sehr langsam, die Bewegung der im Aequator liegenden Orte am schnellsten. Da wir den Umfang des Aequators in 360 Grade, jeden Grad in 15 Meilen, also jenen ganzen Umfang in 5400 Meilen theilen, und diese geographische Meilen nennen, so durchläuft ein Punct am Aequator vermöge der Umdrehung täglich 5400 Meilen, also stündlich 225 Meilen, in 1 Minute 85630 Pariser Fufs, in 1 Secunde 1427 Par. Fufs.

Die Lage der Erdaxe gegen die Ebene der Erdbahn ist nicht senkrecht, sondern weicht von der senkrechten um diejenige Gröfse, welche man die Schiefe der Ekliptik nennt, ab. Die Schiefe der Ekliptik beträgt jetzt 23° 27′ 42″ und nimmt jährlich um $\frac{1}{2}$ Secunde ab. Diese Abnahme ist eine Folge der

Einwirkung der Planeten, besonders des Jupiter und der Venus auf die Erde. Obgleich aber die Neigung der Axe gegen die Ebene der Bahn sich im Laufe eines oder einiger Jahre nicht sehr viel ändert, so bedarf dennoch die Behauptung, dafs die Erdaxe während eines ganzen Umlaufs um die Sonne mit sich selbst parallel bleibe, eine kleine Correction. Die Erdaxe ist nämlich nicht immer genau gegen denselben Stern gerichtet, sondern während ihrer Neigung gegen die Ebene der Erdbahn unbedeutend geändert wird, rückt sie gegen die Ordnung der Zeichen fort. Diese, in einem Jahre nur sehr wenig betragende Aenderung der Stellung gegen die Sterne, bringt im Laufe vieler Jahrhunderte einen kegelförmigen Umlauf um den Pol der Ekliptik hervor, und obgleich der Pol des Aequators immer um etwa 23 Grade vom Pole der Ekliptik entfernt bleibt, so liegt er doch in verschiedenen Jahrhunderten in einer verschiedenen Länge[1]. Aufser dieser stetig fortgehenden Aenderung in der Lage der Erdaxe gegen die Sterne findet noch eine periodisch wechselnde, welche ihre Nutation, Wanken der Erdaxe, heifst, statt; jene hängt von dem Einflusse der Sonne, diese von dem Einflusse des Mondes auf die sphäroidische Erde ab. Diese Aenderungen sind indefs alle so klein, dafs man da, wo es nicht auf ganz strenge Bestimmungen ankömmt, sagen darf, die Erde bewege sich mit fast genau parallel bleibender Richtung der Axe fort[2].

Diese schiefe Stellung der Axe gegen die Ebene der Bahn ist die Ursache der Ungleichheit der Jahreszeiten. Befindet sich nämlich die Erde in demjenigen Theile ihrer Bahn, wo der nördliche Theil der Erdaxe gegen die Sonne hin geneigt ist, so haben alle Bewohner der nördlichen Hälfte der Erde längere Tage und sehen die Sonne höher über ihren Horizont heraufsteigen; dieses ist während unsers Sommers und am meisten am 21. Juni der Fall; wenn dagegen die Erde in dem entgegengesetzten Theile ihrer Bahn ist, wo das nördliche Ende der Erdaxe ihre Neigung von der Sonne abwärts hat, so sind unsre Tage am kürzesten, um den 21. Dec.[3].

---

1 S. *Präcession der Nachtgleichen.*

2 Ein Instrument, welches die Gesetze der Umdrehung der Erde um ihre Axe und die Gesetze der Veränderung der Lage der Erdaxe zu erläutern dient, hat Poisson angegeben, und v. Bohnenberger beschrieben in Gilb. Ann. LX. 60. Vergl. den Artikel *Rotation.*

3 S. *Jahreszeiten.*

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die Ursachen dieser doppelten Bewegung der Erde sind nur sofern, als sie ihren jetzigen Zustand betreffen, bekannt, von dem ersten Ursprunge der Bewegungen wissen wir nichts. Da die Erde einmal die Rotation um ihre Axe erhalten hat, so ergeben die Untersuchungen über die Einwirkungen der übrigen Weltkörper auf sie, dafs die Zeit einer Umwälzung hierdurch gar nicht, die Lage der Axe nur so wie es eben erwähnt ist, eine Aenderung leiden kann. Die Zeit einer Rotation könnte, da ein Niederfallen fremder erheblich grofser Massen auf die Erde als etwas sich nie Ereignendes anzusehen ist, und noch weniger ein Verlust an Masse möglich zu seyn scheint, nur dadurch eine Aenderung erleiden, wenn die ganze Masse der Erde eine merkliche Aenderung ihres Volumens erlitte. Würden alle Massentheilchen der Erde plötzlich oder allmälig der Axe der Erde mehr genähert, so würde, weil dadurch der gesammte Moment der Trägheit vermindert würde, die Rotationsbewegung schneller werden; und in dieser Ueberlegung ist die Behauptung von Laplace gegründet [1], dafs selbst seit den ältesten Zeiten, aus welchen wir Beobachtungen besitzen, die innere Wärme der Erde keine merkliche Aenderung können erlitten haben; denn mit einer Abnahme der Wärme ist bei allen uns bekannten Körpern eine Verminderung des Volumens verbunden; dadurch aber würde der Abstand der Theilchen von der Erdaxe vermindert und eine Aenderung der Umdrehungszeit bewirkt seyn, die sich, wenn sie statt gefunden hätte, in den ältern Beobachtungen, wenn man sie mit den neuern vergleicht, merklich machen müfste. Die Bewegung um die Sonne dauert ganz so fort, wie es den Gesetzen der anziehenden Kräfte gemäfs ist, und selbst die anscheinenden kleinen Abweichungen von der regelmäfsigen Bewegung lassen sich durch die Attraction, die vom Monde und den übrigen Planeten auf die Erde ausgeübt wird, vollkommen erklären. Welcher Stofs aber zuerst diese doppelte Bewegung hervorgebracht habe, darüber ist uns gar nichts bekannt, und die Beantwortung dieser Frage scheint jenseits der Grenzen zu liegen, welche uns bei unsern Forschungen gesetzt sind.

Wenn man die Erde von der Sonne aus beobachten könnte, so würde ihr scheinbarer Durchmesser nur $17\frac{1}{6}$ Secunde betragen; diese Bestimmung lehrt uns, da der scheinbare Durch-

1 Journ. de Phys. 1820. Avril.

messer der Sonne in der mittlern Entfernung von uns 32′ 2″ beträgt, dafs der Durchmesser der Sonne 112 mal so grofs als der Durchmesser der Erde ist, die Oberfläche der Sonne also 12544 mal so grofs als die Oberfläche der Erde ist; der körperliche Inhalt der Sonne 1404928 mal so grofs als der Inhalt der Erde.

Die anziehende Kraft der Erde ist in Vergleichung gegen die anziehende Kraft der Sonne nur geringe, und da wir die Masse der Himmelskörper auf keine andere Weise als nach Mafsgabe ihrer anziehenden Kraft abschätzen können, so finden wir die Masse der Erde $= \frac{1}{354790}$, und darnach in Vergleichung gegen den körperlichen Inhalt die Dichtigkeit der Erde = 3,96 mal so grofs als die Dichtigkeit der Sonne.

Die Erde hat, indem sie ihre Bahn um die Sonne durchläuft, den Mond zum beständigen Begleiter. Er ist ungefähr 60 Erdhalbmesser von ihr entfernt, und ändert seine Stellungen gegen die Erde so, dafs seine relative Bahn um die Erde eine Ellipse ist, deren Gestalt jedoch mehr Aenderungen leidet, als die Gestalt der Erdbahn[1].

Das Zeichen, womit man in der Astronomie die Erde bezeichnet, ist ♁. *B.*

II. Gestalt und Gröfse der Erde.

Die Erde erscheint nach einem ungeregelten Zeugnisse der Augen jedem Beobachter als eine *flache Scheibe*, auf welcher sich Hervorragungen und Vertiefungen befinden, und über welcher die sphäroidische Himmelskugel gewölbt ist. Befindet sich der Beobachter auf einer weit ausgebreiteten flachen Gegend, oder auf einem festen Puncte im unbewegten Meere, so erscheint ihm diese Ebene zwar sehr deutlich, allein eine gröfsere Aufmerksamkeit führt auch dann schon auf Erscheinungen, welche mit einer völlig waagerechten Fläche unvereinbar sind, nämlich das Verschwinden nicht hoher Gegenstände unter der scheinbaren Ebene, worauf sich der Beobachter befindet, und die Vertiefung entfernter hoher Berge, welche ohne die Krümmung der Beobachtungsfläche nach einer bekannten Augentäuschung vielmehr höher erscheinen müfsten, als sie wirklich sind. Es zeigt sich daher, wie wenig die ältesten Griechen,

1 S. *Mond.*

bei aller ihrer sonstigen Geistesbildung, Beobachtungen scharf aufzufassen, und als Grundlage zu sicheren Schlüssen zu benutzen das Talent hatten. Ein hauptsächlicher Grund aber, warum jene auch in späteren Zeiten bei weiteren Reisen auf der vermeintlich flachen Erde nicht zur Ueberzeugung von ihrer Krümmung gelangten, lag in dem Umstande, dafs ihre weitesten Reisen zur See nach Westen, zu Lande aber nach Osten gerichtet waren, wonach also der höhere und niedrigere Stand der nördlichen und südlichen Sterne über dem Horizonte weniger auffiel. Nach Homer und Hesiodus war also die Erde eine flache Scheibe rundum vom Strome *Okeanos* umflossen, mit welchem der ihnen bekannte Strom *Phasis* im fernsten Osten in *Kolchis* zusammenhing. Ueber die Länder im Norden von Griechenland und im Süden jenseits der Küsten von Syrien hatte man unvollständige Sagen, westlich aber wurde die Weltgrenze zwei Tagereisen jenseits Sicilien gesetzt[1].

Die Vorstellung von der Fläche des oberen Theiles der Erde wurde beibehalten, und mit andern Hypothesen über ihre Gestalt verbunden. Nach Thales von Milet sollte dieselbe auf Wasser schwimmen[2], welches sogar später noch Seneca wiederholt[3]. Anaximander dagegen dachte sich die Erde als einen Cylinder, dessen obere Fläche von den Menschen bewohnt, die untere aber unbewohnt sey. Dieser Cylinder sollte ferner ein Dritttheil seines Durchmessers zur Höhe haben, und in der Mitte des hohen Himmelsgewölbes deswegen frei schweben, weil kein Grund zu einer Bewegung weder nach der einen noch nach der andern Seite vorhanden sey. Anaximenes dagegen liefs die flache Erde durch comprimirte Luft getragen werden, Xenophanes aber gab ihr Wurzeln, die sich ins Unendliche erstrecken, zur Unterstützung. Leukipp, Demokrit, Heraklit und Anaxagoras blieben im Ganzen der Vorstellung Anaximander's über die Gestalt der Erde getreu[4], bis Plato nach phantastischen Philosophemen, aus den pythagoreischen Zahlencombinationen, sie für einen Würfel hielt, weil dieser

1 S. J. H. Vofs im Gött. Mag. St. 2. S. 297. und im N. deut. Mus. St. 8.

2 Arist. de Coelo. II. 13.

3 Q. Nat. VI. 6.

4 Diog. Laert. Vit. Phil. Lib. IX.

durch sechs gleiche quadratische, sämmtlich gleich weit von einander abstehende, Flächen eingeschlossen wird, welche wieder aus vier gleichen Seiten mit eben so viel rechten Winkeln bestehen. Indem sonach der Würfel sich als die vollkommenste Figur darstellt, so mufs diese auch der Erde, als dem Haupt- und Central-Körper der Welt eigen seyn[1].

Der erste, welcher richtigere Vorstellungen von der Kugelgestalt der Erde, oder mindestens von der Krümmung ihrer Oberfläche, gehabt zu haben scheint, auf allen Fall aber zur Begründung dieser richtigeren Vorstellung vieles beigetragen hat, war Eudoxus. Dieser, von den Vorurtheilen seiner Zeit freie Mann, welcher die Spitzfindigkeiten der Dialektik und die Künste der Sophistik durchschauete, die leeren und unnützen Phantasieen der herrschenden Schulen aber, welche von den geistesärmern Zeitgenossen als Philosopheme eines tiefdenkenden Geistes bewundert wurden, verachtete[2], dagegen aber ruhigen und besonnenen Beobachtungen einen höheren Werth beilegte, lernte auf seinen Reisen nach Aegypten und Griechenland und durch die Nachrichten von Reisenden die Oberfläche der Erde genauer kennen, beobachtete die verschiedenen Höhen der Sterne über dem Horizonte, und mufste als gelehrter und scharfsinniger Geometer hieraus auf die Krümmung der Erdfläche schliefsen, indem es nicht wahrscheinlich ist, dafs er diese Erscheinung von einem Näherkommen zu jenen Sternen durch Reisen in südlicher oder nördlicher Richtung abgeleitet haben sollte. Obgleich daher Eudoxus nicht wagte, eine eigentliche Meinung über die Gestalt der Erde aufzustellen[3], weil er sich zunächst nur an die Erfahrung hielt, so ist es doch wahrscheinlich, dafs durch solche Beobachtungen die Vorstellung von der Kugelgestalt der Erde früher begründet wurde, als durch die Philosopheme des Aristoteles. Dieser argumentirte nämlich sehr scharfsinnig, die Erde müsse eine sphärische Gestalt haben, weil jedes Theilchen derselben vermöge seiner Schwere nach dem

---

1 Tiedemann Geist der specul. Philosophie. I. 121.

2 Vergl. Diog. Laert. VIII. 90. Cic. de div. II. 42.

3 Wenigstens ist dieses die Meinung des in diesen Gegenständen durchaus classischen Gelehrten J. K. Schaubach in Geschichte der griech. Astronomie bis auf Eratosthenes. Gött. 1802. 8. S. 257, welchem ich in dieser Uebersicht gefolgt bin.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Mittelpuncte getrieben werde, und da dieses allgemein sey, so müfsten die äufsersten einen gleichen Abstand haben, weil sie sonst herabgleiten würden, um das Gleichgewicht herzustellen[1]. Als weiteren Beweis führt er den Erdschatten auf dem Monde an, und das Emporkommen des *Canopus* über den Horizont, wenn man nach Cypern oder Aegypten reise. Archimedes[2] wiederholte später den angegebenen theoretischen Beweis des Aristoteles in Beziehung auf das Wasser der Erde, allein bei dem Verfall der Wissenschaften verlor sich die Kenntnifs von der Kugelgestalt der Erde, bis dieser Gegenstand in neueren Zeiten eigentlich wissenschaftlich behandelt wurde[3].

Zum Beweise der sphärischen Gestalt der Erde führt man den Schatten an, welchen sie bei Finsternissen auf den Mond wirft. Hiernach könnte sie indefs immerhin cylindrisch seyn, obwohl es etwas gezwungen scheinen müfste, ihr allzeit die hierzu erforderliche Richtung beizulegen. Weit sichrere Beweise liefern indefs das allmälige Emporkommen und Verschwinden der irdischen Gegenstände, nach welcher Richtung man sich auch auf der Erde bewegt, der Himmelskörper, wenn man von Süden nach Norden oder umgekehrt reiset, die regelmäfsig ungleichen Tagszeiten, in denen gleichzeitige himmlische Erscheinungen, z. B. Verfinsterungen der Jupiterstrabanten, an den verschiedenen Orten der Erde nach ihrer östlichen oder westlichen Lage wahrgenommen werden, und insbesondere die sogenannten Reisen um die Welt.

Wenn man die Leichtigkeit betrachtet, womit gegenwärtig die Erde umsegelt wird, so begreift man die Wichtigkeit kaum, welche den ersten Unternehmungen dieser Art beigelegt wurden. Dennoch verdienen die Namen derjenigen kühnen und beharrlichen Männer, welche jene gefahrvollen Versuche glücklich beendigten, und der Wissenschaft dadurch unschätzbaren Gewinn brachten, allerdings der Nachwelt aufbewahrt zu werden. Der erste war Hernando Magalhaens, ein Portugiese, welcher am 10ten Aug. 1519 mit spanischen Schiffen von Sevilla auslief, an der südlichen Spitze von America die lange Meerenge zwischen dem Continente und dem Feuerlande, die

1 Arist. de Coelo. II. 4.

2 De Insidentibus humido L. I. prop. 2. p. 225 ed. Nizze.

3 Vergl. Riccioli Almagestum nov. I. L. 2. cap. 1.

nach ihm benannte Strafse, entdeckte, durch diesen noch jetzt gefahrvollen Weg in die Südsee gelangte, hier leider zu weit nördlich segelte, daher keine der vielen Inseln dieses grofsen Oceans traf, und mit dem äufsersten Mangel zu kämpfen hatte, endlich zu den Ladronen und dann den Philippinen gelangte, wo er auf der Insel *Sebu* am 26sten Apr. 1521 sein Leben verlor, als er einem Könige jener Gegenden in einem Gefechte Beistand leistete. Nur eins von seinen fünf Schiffen kam mit 18 Mann am 7ten Sept. 1522 nach einer stets westlich gerichteten Fahrt wieder in St. Lucar an. Die merkwürdigsten unter den folgenden Erdumseglern sind Francis Drake, ein Engländer von 1577 bis 16ten Sept. 1580; Thomas Candish, ein Engländer 1586—88; Jacob Mahu und Simon de Cordes, Holländer um 1598; Olivier de Noort, ein Holländer 1598—1601; Georg Spilberg, ein Deutscher auf holländischen Schiffen 1614—17; Jacob le Maire und Corn. van Schouten, Holländer 1615—17; Jacob l'Hermite und Hugo Schapenham, Holländer 1623—26; Cowley, ein Engländer 1683—86; William Dampier, ein Engländer 1683—91; Gemelli Careri, ein Italiäner, welcher nach Osten theils zu Lande theils zu Wasser eine Reise um die ganze Erde machte; Woodes Rogers, ein Engländer 1708—11; Eduard Cooke, ein Engländer 1708—11; Le Gentil de la Barbinair, ein Franzose 1714—18; Clipperton und Shelvoeke, Engländer 1719—22; Jacob Roggewin, ein Holländer 1721—23; George Anson, ein Engländer 1740—44; John Byron, desgleichen 1764—66; Samuel Wallis, desgleichen 1766—68; Philipp Carteret, desgleichen anfangs mit Wallis 1766—69; Bougainville, ein Franzose 1766—69; James Cook, einer der berühmtesten unter allen, ein Engländer a) mit Solander und Banks 1769—71; b) mit J. Reinhold und Forster Vater und Sohn 1775; c) mit Clarke und Gore 1776 bis 1779 den 14ten Febr., an welchem Tage er auf *O-Whyhee* erschlagen wurde; Fourneaux, ein Engländer 1772—74; Portlock und Dixon, Engländer 1785—88; Edwards, ein Engländer 1790—92; Etienne Marchand, ein Franzose 1790—92; George Vancouver, ein Engländer 1790—95; A. J. v. Krusenstern, ein Russe 1803—1806; O. v. Kotzebue, ein Deutscher auf einem Schiffe des Russischen Grafen Rumanzow 1815—1818; Freycinet, ein Franzose 1817—20;

endlich O. v. Kotzebue, welcher so eben von seiner zweiten Entdeckungsreise mit Russischen Schiffen zurückgekommen ist. Auch die Freibeuter Bowers 1679 und Peachox umschifften die ganze Erde, und ein Deutscher C. F. Behrens kam theils zu Wasser theils zu Lande um die ganze Erde[1].

Dafs die Erde ihrer runden Gestalt ungeachtet dem auf ihrer Oberfläche befindlichen Beobachter flach erscheint, ist eine Folge ihrer Gröfse, indem eine Kugelfläche um so weniger von einer ebenen abweicht, je gröfser der Halbmesser der Kugel ist, und bei einem unendlichen Halbmesser mit ihr zusammenfallen oder keinen mefsbaren Unterschied darbieten würde. Um dieses in Beziehung auf die Erde zu versinnlichen, darf man nur berechnen, dafs die Höhe eines Menschen von 6 F. nicht mehr als den 6543382ten Theil vom Durchmesser der Erde ausmacht, die Höhe des *Chimborasso* aber, wenn man ihn zu 20148 F. rechnet, nur den 1948,6ten Theil jener Gröfse; mithin würde letzterer auf einem Erdglobus von 6 F. Durchmesser verhältnifsmäfsig dargestellt nur 0,45 Lin., also nicht völlig eine halbe Linie hoch seyn dürfen. Wäre demnach die Erde vollkommen glatt, so würde ein auf ihrer Oberfläche stehender Beobachter auf einer kreisrunden Ebene von einer zur ganzen Erde verhältnifsmäfsig sehr geringen Ausdehnung zu stehen wähnen, auf deren Rande das unbestimmt entfernte Himmelsgewölbe zu ruhen scheinen müfste, wie dieses auf völlig ruhiger See auch wirklich der Fall ist. Je höher sich der Beobachter über die Oberfläche der Erde erhebt, um so viel gröfser wird die von ihm übersehene Ebene werden, und um so mehr wird sie ihm gekrümmt erscheinen. Dafs es aber nicht leicht oder vielmehr unmöglich war, auf diese Weise die Kenntnifs von ihrer kugelförmigen Gestalt zu erlangen, davon überzeugt sehr bald die Betrachtung, dafs in einer Höhe von 10000 F. nur ein Bogenstück von nicht völlig 3,6 Graden, in 365 geographischen Meilen Höhe nur 90 Grade und bei einer Erhebung von 4090 M. nur 160 Grade übersehen werden[2].

---

1 J. M. Franz Abh. von der bekannten und unbekannten Welt. Nürnb. 1762. 8. Lehrbuch der mathematischen Geographie von Fr. Kries. Leipz. 1814. 8. S. 16. Collection de tous les Voyages faits autour du monde par les differentes nations de l'Europe. Par Berenger. Laus. et Par. Nouv. Ed. 1795. 10 Vol. 8.

2 Kries a. a. O. S. 7.

Um allgemein zu finden, wie weit in der Ebene liegende Gegenstände von einem Berge herab, oder Berge aus der Ebene, gesehen werden, oder wie weit die sichtbare Horizontalfläche sich bei einer gegebenen Erhöhung erstreckt, dient folgende Be-
Fig. 169. trachtung. Ist C das Centrum der Erde, a g eine Erhöhung auf der Oberfläche derselben, g b d eine die Oberfläche der Erde in b berührende Linie, so wird man, ohne Rücksicht auf die Strahlenbrechung, von g bis b und umgekehrt sehen können. Es ist aber im rechtwinklichen Dreieck g b C; b c : g C = cos. x : rad. Nimmt man den Radius des Kreises als Einheit, nennt g a = h und berücksichtigt, dafs b C = a C der Halbmesser der Erde = r ist, so erhält man $\text{Cos. } x = \frac{r}{r+h}$, woraus für einen gegebenen Werth von h der Bogen b a gefunden wird. Indem aber auf einen Grad der kugelförmig gedachten Erde nahe genau 15 geographische Meilen gehen, so können hiernach folgende einander zugehörige Werthe gefunden werden[1].

Höhe in par. Fufs		Aussicht in geogr. Meil.	Höhe in par. Fufs		Aussicht in geogr. Meil.
100	—	2,75	4500	—	18,40
200	—	3,88	5000	—	19,40
300	—	4,75	6000	—	21,25
400	—	5,50	7000	—	22,96
500	—	6,17	8000	—	24,50
1000	—	8,66	9000	—	26,04
1500	—	10,62	10000	—	27,44
2000	—	12,30	12000	—	30,06
2500	—	13,72	14000	—	32,50
3000	—	15,04	16000	—	34,70
3500	—	16,25	18000	—	36,80
4000	—	17,36	20000	—	38,80

Dafs sich die zwischen liegenden Werthe durch eine einfache Interpolation finden lassen, darf kaum erwähnt werden. Eben so zeigt der blofse Anblick der Figur, dafs auf gleiche Weise die Entfernung g d gefunden wird, in welcher von einer Erhöhung g a eine andere Erhöhung d e gesehen wird, wenn der Lichtstrahl die Oberfläche der Erde in b berührt. Wären z. B.

---

1 S. Kries a. a. O. p. 40.

beide Erhöhungen gleich, so würde man bis zur doppelten Entfernung sehen können, auch darf nur im Allgemeinen bemerkt werden, dafs die Strahlenbrechung die Weite der Aussicht vergröfsert. Fälle dieser Art finden sich in der Erfahrung unzählig. So ist der Berg Mongo in Spanien 727 Meter (2238 P. F.) hoch, und wird auf 20 franz. (12 geogr.) Meilen weit von der See aus als kleine Insel gesehen, und von diesem Berge aus sieht man die Inseln *Formentera* und *Ivica*, welche vom Ufer ab nicht sichtbar sind, als kleine Puncte im Horizonte. In Mexico sieht man nach v. Humboldt den stets beschneieten Gipfel des *Orizaba* auf 60 franz. Meilen weit, und ein Beobachter auf der Spitze desselben würde daher einen Horizont von gleichem Halbmesser übersehen[1].

Seitdem die Gestalt der Erde etwas genauer bekannt war, wählte man gewisse Bezeichnungen, welche, meistens von der hohlen Himmelskugel entlehnt, auf die Erde, als Kugel angenommen, übertragen wurden, um sich auf derselben zu orientiren. Da diese sämmtlich einzeln genauer erörtert werden[2], so wird es genügen, sie hier nur kurz namhaft zu machen, damit die nachfolgenden vielfachen Beziehungen auf dieselben gröfsere Deutlichkeit erhalten.

Da die Erde sich umdrehet, so mufs die durch ihr Centrum gehende Linie, um welche diese Drehung statt findet, ihre *Axe*, und deren Enden ihre *Pole* genannt werden, wovon der eine, nach Norden gerichtete, der *Nordpol*, der andere, nach Süden gerichtete, ihr *Südpol* heifst. Derjenige gröfste Kreis, welcher allerorten von beiden Polen 90 Grade absteht, heifst der *Aequator*, der *Gleicher*, die *Linie*[3], und der Durchmesser dieses gröfsten Kreises wird der *Erddurchmesser* genannt. Mit diesem Aequator parallel laufen Kreise, welche nach den Polen hin zunehmend kleiner werden müssen. Man nennt sie *Parallelkreise* oder schlechtweg *Parallele*, und zeichnet sie auf den Erdgloben meistens so, dafs sie auf den rechtwinklich von ihnen geschnittenen Meridianen von 10 zu

---

1 Biot Traité élémentaire d'Astronomie physique sec. ed. Par. 1810. 3 Vol. 8. I. p. 19.

2 Vergl. die hierher gehörigen einzelnen Artikel.

3 Vergl. *Aequator*. Th. I. S. 213.

10 Graden abstehen, in der Vorstellung aber denkt man sich durch jeden gegebenen Ort auf der Erdoberfläche einen solchen Parallelkreis, dessen Abstand vom Aequator in Theilen des zwischen beiden liegenden Bogens nach der Kreistheilung gemessen wird. Indem aber auch die *geographische Breite*[1] auf gleiche Weise gemessen wird, so fallen beide zusammen und alle auf dem nämlichen Parallel liegende Oerter haben daher auch eine gleiche geographische Breite, wodurch die Lage derselben rücksichtlich ihres Abstandes vom Pole oder vom Aequator bestimmt ist. Minder scharf ist folgende Bestimmung. Wenn man durch diejenigen Puncte, wo die Sonne bei ihrer gröfsten nördlichen und südlichen Abweichung im Zenith steht, einen Parallelkreis vom Himmel auf die Erde überträgt, so erhält man die *Wendekreise*, und wenn man in einem gleichen Abstande von den Polen, als der Abstand dieser Kreise vom Aequator beträgt, gleichfalls zwei Parallelkreise zieht, so nennt man diese *Polarkreise*, durch welche vier Kreise die Oberfläche der Erde in fünf *Kugelzonen* oder *Erdgürtel* getheilt wird, die sich durch die Länge und Kürze der Tage sowohl, als auch durch ihre ungleiche klimatische Beschaffenheit auffallend von einander unterscheiden.

So wie durch die genannten Parallelkreise oder die geographische Breite die Lage eines jeden Ortes auf der kugelförmig gedachten Erde rücksichtlich auf die Pole und den Aequator genau bestimmt ist, eben so mufs dieses auch in einer hierauf lothrechten Richtung der Fall seyn. Um dieses zu erreichen, dienen die schon erwähnten *Meridiane*, oder gröfste Kreise, welche durch beide Pole und jeden gegebenen Ort gezogen, den Aequator rechtwinklich schneiden. Sie sind nach der Kreiseintheilung in Grade, Minuten und Secunden in der Art getheilt, dafs sie aus vier Quadranten bestehen, deren jeder mit 0° im Aequator anfängt und mit 90° in einem der beiden Pole endet. Diese Eintheilung ist dadurch begründet, dafs die Erdaxe eine unveränderliche Richtung gegen das Himmelsgewölbe und die daran befindlichen Sterne hat, und hierdurch verlängert zur Weltaxe wird, um welche sich die hohle Himmelskugel scheinbar umwälzt. Der Aequator dagegen, und somit auch die ge-

---

1 Vergl. *Breite* Th. I. S. 1196.

sammten Parallelkreise, sind fortlaufend als ganze Kreise nach der bei dieser üblichen Theilung getheilt, und es würde also jeder Punct auf der Oberfläche der Kugel durch diese beiden sich rechtwinklich schneidenden Coordinaten bestimmt seyn, wenn nur irgend ein fester Anfangspunct im Aequator vorhanden wäre, von welchem an nach der einen oder der andern Seite hin die Grade und deren Theile im Aequator gezählt werden könnten, d. i. wenn der *erste Meridian* bestimmt wäre.

Es ist in der That etwas Auffallendes, dafs bei der sonstigen aufserordentlichen Schärfe und Bestimmtheit in der Mathematik und Geometrie über den ersten Meridian so viele Unbestimmtheit herrscht. Die Ursache hiervon liegt theils in einer mit dieser Sache an sich verbundenen Willkür, theils und hauptsächlich aber darin, dafs die seefahrenden Nationen es bequem fanden, die astronomischen Längenbestimmungen auf vorzüglich besuchte Häfen oder eigene bedeutende Sternwarten zu reduciren. Hierdurch ist indefs einmal eine grenzenlose Verwirrung in diese Sache gekommen, wovon ein sprechender Beweis schon dadurch gegeben wird, dafs die spanischen Charten allein nach 7 verschiedenen ersten Meridianen graduirt sind, nämlich *Cadix*, *Carthagena*, *Insel Leon*, *Collegium der Adligen zu Madrid*, *Punta de la Galera* auf Trinidad, *Teneriffa* und *Ferro*[1]. Die am meisten vorkommenden ersten Meridiane sind der von *Ptolemäus* angenommene, welcher durch die Canarischen Inseln geht[2], und bestimmter der durch die Insel *Ferro*, welcher die alte und neue Welt trennt, oder eigentlicher die Grenze der ehemals bekannten Erdtheile bildet, und daher gegenwärtig seine Bedeutung verloren hat. Verschiedene Landcharten aber, welche von diesem ersten Meridiane an graduirt sind, geben die Lage dieser Insel unrichtig an, z. B. Doppelmair setzt sie 22°,5 westlich von Paris. Der Cardinal Richelieu berief 1634 eine Gesellschaft Mathematiker zusammen, um den ersten Meridian zu bestimmen, und diese nahmen den durch *Ferro* gehenden an, welchen de l'Isle zu 20° westlich von Paris bestimmte[3]. Inzwischen wird die Lage von

1 V. Zach in Monatl. Corr. XVIII. 317.

2 La Place Exposition du Système du Monde 5me ed. Par. 1824. 2 vol. 8. I. 129.

3 J. T. Mayer prakt. Geom. IV. 93.

Ferro verschieden angegeben, und wenn Paris 20° östlich vom ersten Meridiane liegen sollte, so würde dieser nicht auf die Insel Ferro selbst, sondern westlich zwischen diese und die Insel Gomera in die See fallen[1]. Man nimmt indefs bei einiger hierüber noch obwaltenden Ungewifsheit im Mittel an, dafs Paris 20° östlich vom ersten Meridiane liege.

Einige Portugiesische Charten setzen den ersten Meridian auf die azorische Insel *Terzera*, weil daselbst zu jener Zeit die magnetische Linie ohne Abweichung war[2], und deren Lage 0° 32′ 42″ westlich von Ferro angegeben wird. Auf manchen älteren holländischen Charten geht derselbe durch die *Insel dell Fuego* oder *St. Philipp* beim grünen Vorgebirge. Mercator wählte hierzu die azorische Insel *Corvo*, weil seiner Zeit die magnetische Linie ohne Abweichung auf dieselbe fiel. In den neuesten Zeiten ist es am gebräuchlichsten, den *Meridian von Ferro* beizubehalten, aber so dafs Paris 20° östlich von demselben angenommen wird, oder der erste Meridian wird durch die Pariser Sternwarte gelegt. Letzteres findet man auf den neuesten französischen und auf verschiedenen deutschen und italienischen Charten, die englischen dagegen haben den *Meridian von Greenwich* 2° 20′ 15″ westlich von Paris als ersten Meridian, auch rechnen die Engländer zuweilen die Länge von London an. Sonst dienen auch die Meridiane berühmter Sternwarten, z. B. *Kopenhagen*, *Göttingen*, *Berlin*, *Mailand* u. a. m. als Normalpuncte dieser Bestimmung.

Man hat vielfach und mit vollem Rechte bedauert, dafs sich in diese Bestimmung ein solcher Mangel an Einheit eingeschlichen hat, und es wäre sehr zu wünschen, dafs La Place's Vorschläge allgemein beachtet und befolgt würden[3], so wenig auch Nationalstolz und eine etwas gröfsere Bequemlichkeit der Berechnung und Orientirung für die Seefahrer dieses hoffen läfst. Zwei Puncte hat dieser hierzu vorgeschlagen, wovon der eine

---

1 Monatl. Corr. XVI. 58.

2 Vergl. *Abweichung, magnetische.*

3 Syst. du Monde a. a. O. „Il est à désirer, que tous les peuples de l'Europe, au lieu de rapporter au méridien de leur premier observatoire, les longitudes géographiques, s'accordent à les compter d'un même méridien donné par la nature elle-même, pour le retrouver surement dans tous les temps.

grofse Bequemlichkeit für die europäischen Seefahrer gewährt, der zweite eine höhere kosmische Bedeutung hat, nämlich entweder den *Pico di Teneriffa* 18° 50′ 54″ westlich von Paris, welcher sehr kenntlich ist, weithin gesehen wird, den meisten nach Südamerica, dem Cap und Ostindien segelnden Schiffen zum Merkmale und Anhaltspuncte dient, und ohnehin als erster Meridian auf verschiedenen grofsen holländischen Charten angenommen ist; oder diejenige Linie, welche durch die grofse Axe der Sonnenbahn gegeben wurde, als diese auf die Linie der Tag- und Nachtgleichen normal war. Die Epoche, worin dieses sich ereignete, fällt in 1250 unserer Zeitrechnung, und würde den ersten Meridian 166° 46′ östlich von Paris geben[1].

Noch eine andere Unbestimmtheit in der Bezeichnung der Länge zeigt sich darin, dafs man vom ersten Meridiane an, wohin derselbe auch gesetzt wird, die Längen bald nach Osten bald nach Westen hin zählt. Indefs ist doch so viel als Regel festgesetzt, dafs bei einer mangelnden Bestimmung hierüber unter der Länge schlechtweg die östliche verstanden wird. Endlich mufs die Bezeichnung der Länge und Breite auf einer Kugel etwas auffallend seyn. Sie erklärt sich indefs bald aus den Vorstellungen der Alten, denen ein weit ausgedehnterer Theil der Erdoberfläche in östlicher und westlicher Richtung bekannt war als in nördlicher und südlicher, und welche daher nach jener die Länge und nach dieser die Breite der Länder bezeichneten; begründet ist aber diese Bestimmung durch Strabo, welcher vom äufsersten Süden bis zum äufsersten Norden 29700 Stadien, vom äufsersten Westen bis zum äufsersten Osten aber 70000 Stadien annahm.

A. Gestalt und Gröfse der Erde nach Gradmessungen.

Sobald man sich seit Aristoteles von der runden Gestalt der Erde überzeugt hatte, fand man ohne Schwierigkeit, dafs sie sehr grofs seyn müsse; wie grofs sie aber seyn möge, dieses konnte aus begreiflichen Gründen weder so leicht noch so bald gefunden werden, und ist erst in den neuesten Zeiten mit einem sehr hohen Grade der Bestimmtheit ausgemittelt. Aristoteles

1 Mon. Cor. XVIII. 318.

selbst[1] giebt an, die Mathematiker vor ihm hätten den Umfang der Erde zu 400000 Stadien gefunden, erwähnt jedoch nicht, worauf diese Bestimmung gegründet ist[2]. Archimedes[3] dagegen erwähnt beiläufig, einige Geometer hätten zu beweisen gesucht, der Umfang der Erde betrage nahe 300000 Stadien. Die älteste eigentliche Messung scheint die von Eratosthenes gewesen zu seyn, welche ihre Unvollkommenheit als Folge der gebrauchten mangelhaften Hülfsmittel durch sich selbst genugsam beurkundet. Er sowohl als auch Posidonius nach ihm bedienten sich zur Messung der Sonnenhöhen einer kreisförmig gebogenen kupfernen Schüssel (σκάφη) mit einem lothrechten Stifte, von dessen Spitze ein begrenzter Schatten auf die getheilten Kreise der Schüssel fiel und zur Messung der Bogen diente. Eratosthenes (geb. 276 J. v. C. G.) wufste, dafs das Bild der Sonne bei ihrem höchsten Stande sich auf der Wasserfläche tiefer Brunnen in *Syene* spiegeln, dort daher im Zenith stehen müsse, zu gleicher Zeit aber machte der Schatten der Sonne in Alexandrien mit dem verticalen Stifte einen Winkel, welcher den funfzigsten Theil des Kreises betrug, also 7° 12′, und dieses mufste die Gröfse des zwischen beiden Oertern liegenden Bogens der kugelförmigen Erde seyn. Die Gröfse dieser Entfernung mafs er nach den (nicht so ganz ungenauen) Reiseberichten der Caravanen, und setzte ihn zu 5000 Stadien, welches den Umfang der Erde = 250000 Stadien giebt[4]. Wenn man diese Angabe danach corrigirt, dafs beide Oerter nicht unter dem nämlichen Meridiane liegen, so erhält man für den Umfang der Erde höchst genau 5408,4 geograph. Meil., nach Eratosthenes selbst aber beträgt diese Gröfse 5813 geogr. Meil[5]. Plinius nennt diese ganze Bestimmung ein „*ausum improbum, sed ita subtili ratione comprehensum, ut pudeat non credere*," findet aber für den Umfang der Erde 6562 g. M., vermuthlich weil die meisten älteren Angaben noch gröfser waren, nämlich nach Aristoteles 9302 g. M., nach Archimedes 6976 g. M.;

---

1 De Coelo. cap. 14.

2 Montucla Hist. des Math. I. 240.

3 De num. aren. §. 2. p. 212. ed. Nizze.

4 Vergl. Cleomedes Theoria cyclica. Basil. 1547. 8. cap. 10. Plin. H. N. II. 108.

5 Schaubach a. a. O. 280. Montucla. a. a. O. I. 242. Laplace Syst. du Monde 3me ed. p. 338.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

auch soll Hipparch (um 160 v. C. G.) nach der Angabe des Plinius[1] die Messung des Eratosthenes revidirt und hiernach den Umfang der Erde gröfser gefunden haben. Als eigentliche Messung ist erst später die des Posidonius bekannt, welcher bemerkte, dafs der Stern Canopus in Rhodus beobachtet gerade über den Horizont kam, in Alexandrien aber sich um den 48sten Theil des Kreises, also 7° 30′ über denselben erhob. Die Entfernung beider Oerter schätzte er auf 5000 Stadien, und gab also der ganzen Erde einen Umfang von 240000 Stadien[2], welches 5580 g. M. beträgt. Nach einer andern Nachricht giebt er jenen zu 180000 Stadien an, welche etwa 4185,6 g. M. gleichzusetzen sind, die kleinste Angabe, welche sich überhaupt bei den Alten findet[3]. Die letztere Angabe hat auch Ptolemäus als das Resultat der genauesten Messungen aufgenommen, indem er die Länge eines Grades zu 500 Stadien setzt, und dabei ganz richtig bemerkt, dafs es nicht nöthig sey, die Messungen im Meridian selbst vorzunehmen, weil es genüge, den gemessenen Bogen nur auf diesen zu reduciren[4].

In den rohen Zeiten der Barbarei ging sogar die Kenntnifs der Kugelform der Erde wieder verloren[5], viel weniger konnte die eigentliche Gestalt derselben ein Gegenstand wissenschaftli-

---

1 H. N. L. II. cap. 69. sqq.

2 Montucla. I. 269.

3 S. Ideler in Mon. Cor. XXIII. 453.

4 Geogr. I. 3 u. VII. 5. Die Bestimmungen der Alten bleiben für immer ungewifs, weil die Gröfse der Stadie nicht mit genügender Gewifsheit ausgemittelt werden kann. Die Bemühungen von Freret, de Brosses, de l'Isle, Cassini, Buache, d'Anville, le Roy, de la Lande, Bailly, Montucla, Schaubach u. a. um diese Bestimmungen übergehe ich mit Stillschweigen.

5 Einen Beweis hiervon liefern Lucretius Carus, Lactantius u. a., indem sie diejenigen verlachen, welche das Gesetz der Schwere u. dgl. zu vertheidigen sich getrauen. Selbst Strabo scheuet sich, die Behauptung von der kugelförmigen Gestalt der Erde genügend zu beweisen, führt aber die Aussagen derer an, welche das Zischen der Sonne bei ihrem Eintauchen in das Meer gehört haben wollten, und Virgil, der Erzbischof von Salzburg, wurde vom Pabste Zacharias abgesetzt und zur Pönitenz nach Rom berufen, weil er behauptet hatte, es gäbe Gegenfüfsler. Die letzten Spuren einer solchen Einfalt zeigten sich in den Einwürfen, welche man dem Columbus machte. Vergl. Lactantius L. III. cap. 24. Augustinus Civ. D. Lib. 16 u. a.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

cher Untersuchungen werden. Bekanntlich blüheten indefs die untergegangenen Wissenschaften der Griechen eine kurze Zeit hindurch wieder auf bei den Arabern, und es ist merkwürdig, dafs die Frage über die Gröfse der Erde unter diesen rohen Barbaren zu allererst der Gegenstand einer genaueren Messung wurde. Der Chalif Al Mamum nämlich liefs 827 n. Ch. G. mehrere Mathematiker nach *Bagdad* kommen, um eine Gradmessung zur Bestimmung der Gröfse der Erde vorzunehmen. Zwei Abtheilungen derselben mafsen im genau bestimmten Meridian nach beiden Seiten nördlich und südlich einen Bogen der Erde in der Wüste *Singar* am arabischen Meerbusen, jeden in der Ausdehnung eines Grades, und fanden diesen die eine 56, die andere 56¾ ihrer Meilen lang. Schon diese Ungleichheit beweiset genugsam den Mangel der Genauigkeit der ganzen Messung, deren Resultate aufserdem wegen der Unbestimmtheit des gebrauchten Mafses für uns gänzlich verloren sind. Die letztere Angabe wurde als die richtigere angenommen, und soll dabei nach Abulfeda die sogenannte schwarze Elle zu 27 Z. jeder von der Länge, welche 6 mit den Bäuchen an einander gelegte Gerstenkörner einnehmen, gebraucht seyn. Hiernach bringt Thevenot nach seinen Versuchen, die Gröfse dieser Elle wieder aufzufinden, heraus, dafs 4 Ellen 1 Toise 9 Z. betragen, wonach die Gröfse eines Grades 63750 Toisen seyn würde. Montucla will durch die Anwendung der gemeinen Elle 56666 Tois. herausbringen, welches der Wahrheit allerdings näher käme. Der Araber Abu Hassan Ali Almassoudi rechnet nur 5 Gerstenkörner auf einen Zoll, und bringt dann 53123 Tois. heraus. Die beiden letzteren Gröfsen sind zu klein, wogegen die erstere zu grofs ist.

Dafs man sich im Mittelalter um die Beantwortung der vorliegenden Frage überall nicht bekümmerte, ist aus der herrschenden Uncultur mehr als zu leicht erklärlich, indefs beweiset es sehr für die Wichtigkeit, welche man allezeit diesem Probleme beilegte, dafs mit dem 16ten Jahrhunderte sogleich nach der Wiederaufnahme der Wissenschaften die Untersuchungen über die Gestalt und Gröfse der Erde wieder angefangen wurden. Der als Mathematiker berühmte Arzt Fernel mafs mit grofser Mühe vermittelst der Umdrehungen eines Wagenrades im J. 1525 einen Grad der Breite zwischen Paris und Amiens, und fand dessen Länge = 57070 Toisen, ein Resultat, wel-

ches nicht völlig erwiesen ist, sonst aber eine solche Genauigkeit hat, dafs man sie mindestens zum gröfsten Theile dem Zufalle beimessen mufs[1].

Alle bisherigen Messungen wurden dadurch sehr erschwert, dafs der gemessene Bogen durchaus genau im Meridiane liegen sollte, obgleich schon Ptolemäus bemerkt hatte, dafs dieses keineswegs erforderlich sey. Indefs war der niederländische Geometer Willebrord Schnellius der erste, welcher zeigte, wie die Länge des gesuchten Bogens durch Verbindung mehrerer Dreiecke, also durch eine eigentliche Triangulirung genau gefunden werden könne. Nach dieser Methode mafs er 1615 einen Bogen von 1° 11′ 30″ zwischen Alcmar und Bergen-op-Zoom, und fand hieraus die Länge eines Grades = 55021 Toisen[2]. Picard's Messung zeigte nachher, dafs diese Bestimmung viel zu klein sey[3], allein Musschenbroek versichert, dafs Schnellius seinen Irrthum selbst eingesehen, die Messung verbessert, noch weiter bis Malinos ausgedehnt, und hiernach die Gröfse eines Grades = 57033 Toisen gefunden habe, welches allerdings ein sehr genaues Resultat seyn würde, an dessen Bekanntmachung ihn der Tod hinderte[4]. Blofs aus einer Nachricht Picard's ist eine Messung bekannt, welche G. J. Bleau oder Cäsius gleichfalls in den Niederlanden anstellte. Picard sah die Papiere dieser Messung auf seiner Reise nach Uranienburg in den Händen eines Verwandten dieses Bleau, welcher 1638 starb, ein Schüler Tycho's war, die Polhöhen der Endpuncte mit einem 12 füfs. Sector von 12° bestimmte, und vortreffliche Resultate erhielt. Die ganze gemessene Strecke wich nur 60 rheinl. Fufs von Picard's Bestimmung ab. Eine sehr mühsame Messung ist diejenige, welche Norwood 1635 in England anstellte, indem er den Bogen zwischen London und York vermittelst der Kette mafs, die Krümmungen und Erhöhungen reducirte, den Unterschied der Breite des Anfangs- und Endpunctes, vermittelst eines 5 füfs. Sectors = 2° 28′ fand, und hiernach die Länge eines Grades = 57424 Tois. bestimmte.

---

1 La Lande in Mém. de l'Acad. 1787. p. 216.

2 Eratosthenes Batavus u. s. w. L. Bat. 1617. 4.

3 Cassini in Mém. de l'Acad. 1702. p. 60.

4 Musschenbroek diss. de Magnit. Terrae. In diss. phys. Lugd. Bat. 1729. 4.

Ungleich schlechtere Resultate erhielten Riccioli und Grimaldi bei ihren Bemühungen, die Gröfse der Erde zu finden. Der erstere insbesondere glaubte im Voraus, die Länge eines Grades müsse 81000 röm. Schritte betragen, und er summirte daher alle Fehler so sehr zusammen, dafs er dieselbe = 62650 Tois. fand[1].

Der grofse Mangel an Uebereinstimmung machte die Lösung dieser Frage noch wichtiger und interessanter, weswegen denn die neuerrichtete Akademie der Wissenschaften in Paris dem damals berühmten Geometer Picard die Anstellung einer genauen Messung übertrug. Bei der Ausführung derselben befolgte dieser die Methode des Schnellius, und brachte zuerst Fernröhre mit Kreuzfäden auf den Winkelinstrumenten an. Im Jahre 1669 und 70 mafs er den Bogen zwischen *Amiens* unter 49° 54′ 46″ N. B. und *Malvoisine* unter 48° 31′ 48″, fand den Unterschied der Polhöhen = 1° 22′ 58″ und die Länge eines Grades = 57060 Toisen[2]. Nach dieser Angabe wurde die Gröfse der Erde bestimmt, und bei den Berechnungen von Huygens und Newton zum Grunde gelegt, worauf insbesondere der Letztere das Gesetz der allgemeinen Schwere gründete, auf welches er die Bewegung der Himmelskörper, überhaupt die ganze Mechanik des Himmels zurückzuführen suchte. Um zugleich den eigentlichen Standpunct, aus welchem diese Gegenstände damals betrachtet wurden, bestimmter aufzufassen, darf hierbei nicht unbeachtet bleiben, dafs Newton erst 1666 seine Untersuchungen der Gravitationsgesetze anfing, und gestützt auf die Resultate der Messungen Picard's 1676 ernstlicher fortsetzte[3]. Man hatte also damals noch keineswegs deutliche Begriffe von der Schwungkraft, und war zum Theil noch geneigt, den Umlauf der Himmelskörper aus den Wirbeln des Aethers zu erklären, so dafs es bei der angestellten Gradmessung also zunächst nur darauf ankam, die eigentliche Gröfse der Erde genau kennen zu lernen. Es war daher ein wichtiges Ereignifs, dafs Richer in *Cayenne* die Beobachtung des langsameren Ganges seiner Uhr machte, welches man zwar anfangs

1 S. Montucla a. a. O. II. 315.

2 Mésure de la Terre par Picard. Par. 1671. 8. Hist. de l'Ac. I. 85. vorzüglich VII. 1 ff.

3 Vergl. *Anziehung*. Th. I. S. 326.

aus einer Verlängerung des Pendels durch die Wärme ableitete, bald aber fand, dafs die hiernach zu machende Correction nicht hinreiche, das Phänomen zu erklären, und als Varin und Deshayes die nämliche Erscheinung an der africanischen Küste unter dem Aequator beobachteten, stellten Huygens und insbesondere Newton die Behauptung auf, es sey dieses eine Folge der durch die Rotation der Erde erzeugten Schwungkraft[1]. Wäre dieses zugestanden, so wäre damit zugleich das Gravitationsgesetz vollständig angenommen, und die Anhänger des Cartesius hätten ihr System aufgeben müssen, allein es dauerte noch über ein halbes Jahrhundert, bis dieser Sieg der Newtonianer, welchen vorzüglich Gregory, Keill, Maclaurin, Stirling, auch Hermann und Kraft führten, völlig errungen war.

Picard fand seine Messung selbst noch nicht genügend, und bei dem damals in Frankreich herrschenden wissenschaftlichen Streben wünschte er selbst nebst vielen andern eine genaue Charte von jenem Lande zu erhalten. Er schlug daher vor, die Messung im Meridiane von Paris durch ganz Frankreich auszudehnen, um hierdurch zugleich die wahre Gröfse und Gestalt der Erde zu finden. Der Minister Colbert, unsterblich durch seine Verdienste um Wissenschaft und Kunst, unterstützte das Vorhaben, welches auch wirklich durch Cassini und de la Hire 1680 angefangen wurde, allein Colbert's Tod und andere Hindernisse führten eine Unterbrechung herbei, und so folgte die Fortsetzung desselben erst 1700 durch Cassini den Zweiten und de la Hire. Aus der von Paris bis an die südliche Grenze des Reiches nach Collioure, also von 48° 50′ 10″ bis 42° 31′ 13″ ausgedehnten Messung[2] ergab sich die Gröfse eines Grades = 57097 Toisen nach Cassini, Maraldi, Couplet und Chazelles, und aus der von Paris bis Dünkirchen durch Cassini, Maraldi und den jüngeren la Hire vollendeten = 56960 Toisen, woraus also *gegen* Newton's theoretische, auf das Gesetz der allgemeinen Schwere und der Schwungkraft gestützte Behauptung eine gröfsere Länge der Erdaxe als des Erddurchmessers gefolgert wurde[3]. Dafs eben diese Meinung noch

1 Montucla, II. 576.

2 Hist. de l'Acad. 1713. p. 187. 1716. p. 245.

3 Eine ausführliche Beschreibung aller bis dahin gemachten Ver-

aufserdem durch Cassini's erste Messung von Längengraden unterstützt wurde, mag hier nur vorläufig erwähnt werden, indefs konnte dieses Alles Newton um seine Anhänger nicht von ihrer wohlbegründeten Meinung zurückbringen.

Um dem langen, mit vieler Lebhaftigkeit geführten Streite ein Ende zu machen, und die grofse Frage vollständig zu entscheiden, bewog insbesondere Maurepas den Minister, Cardinal Fleury, und den König, zwei Gradmessungen in hinlänglicher Entfernung von einander, nämlich unmittelbar unter dem Aequator und unter dem Polarkreise vornehmen zu lassen. Zuerst wurde die berühmte Peruanische Messung ausgeführt, und das hierbei gebrauchte Normalmafs, die sogenannte *Toise von Peru*, dient zum ewigen Andenken an diese mit Recht berühmte Unternehmung noch immer als normales Vergleichungsmafs in allen cultivirten Ländern. Die glänzende Expedition, bestehend aus den Geometern Bouguer und Condamine, dem Naturforscher Jüssieu, dem Ingenieur Verguin, dem Zeichner Morainville, zwei Assistenten Couplet und Godin, dem Arzte Seniergue und dem Uhrmacher Hugo, reisete den 16ten Mai 1735 ab, und wurde von dem berühmten spanischen Gelehrten Don Antonio de Ulloa auf dem Schiffe des Don George Juan begleitet. So sehr indefs auch von der spanischen Regierung alles angeordnet war, um das Unternehmen nicht blofs möglich zu machen, sondern auch bestens zu befördern, so fanden dennoch die Akademiker weit gröfsere Schwierigkeiten, als sie erwartet hatten. In dem rauhen Klima der hohen Cordilleren mufsten sie sich zuweilen unter beschneieten Bergspitzen Monate lang aufhalten, um geeignetes Wetter abzuwarten. Hierzu kam die Rohheit und Ungefälligkeit der Gebirgsbewohner, mitunter fühlbarer Mangel an nothwendigen

---

suche enthält: Jacques Cassini de la Grandeur et de la Figure de la Terre. Suite des Mémoires de l'Acad. Roy. des Sciences. An. 1718. Par. 1720. 4. Vergl. Montucla II. 572. Auch Eisenschmidt folgerte aus der Zusammenstellung der Messungen von Snellius, Picard und Riccioli in Bologna mit den Angaben des Eratosthenes eine länglichte Gestalt der Erde. S. Joh. Casp. Eisenschmidt Diatribe de figura telluris. Argent. 1691. 8. In Frankreich suchte insbesondere auch Mairan die länglichte Gestalt der Erde aus verschiedenen Gründen darzuthun. S. Mém. de l'Ac. 1820, dagegen erklärte sich Joh. Bernoulli entschieden für Newton's Ansicht. S. Essai d'une nouvelle physique céleste. Par. 1735.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bedürfnissen, so dafs die Messung selbst zwei Jahre erforderte. Indem sie dann aber ihren Aufenthalt noch zur Bestimmung der Strahlenbrechung und der Ablenkung des Bleilothes durch hohe Gebirgsmassen benutzen wollten[1], so kam Bouguer erst 1744, Condamine, welcher den Amazonenfluſs herabfuhr, erst 1746 zurück, Godin sah 1746 die Zerstörung von Lima und Fort Callao, ging dann durch Peru, Tucuman und Paraguay nach Buenos Ayres, kam 1750 erst wieder in Frankreich an, war indefs den Spaniern so bekannt geworden, dafs man ihn zum Director der adlichen Cadetten zu Cadix ernannte, wo er seine Reisebeschreibung auszuarbeiten beabsichtigte, aber durch seinen 1760 erfolgten Tod daran gehindert wurde. Jüssieu botanisirte lange in jenen Gegenden und erweiterte seine Kenntnisse bedeutend, sammelte auch viele Merkwürdigkeiten, hat aber keine Reisebeschreibung bekannt gemacht. Er starb 1778. Seniergue wurde in Cuença ermordet, ohne dafs Condamine die Bestrafung der Thäter erwirken konnte. Die beiden Spanier fuhren um das Cap Horn, und Don Juan kam 1746 zurück, Ulloa aber wurde in dem damals bestehenden Kriege von den Engländern gefangen und fürchtete mit Recht den Verlust aller seiner Papiere und Sachen. Inzwischen bewies schon damals diese Nation ihre hohe und nachahmungswerthe Achtung gegen Wissenschaft und Gelehrsamkeit. Ulloa wurde gleich nach seiner Ankunft in London nicht blofs freigelassen, sondern mit grofser Auszeichnung behandelt, in die Societät aufgenommen, erhielt alle seine Papiere und Sachen zurück, und kam dadurch in den Stand, seine bekannte Reisebeschreibungen mit vielen schätzbaren physikalischen Bemerkungen herauszugeben[2].

Die Resultate dieser grofsen Operation sind zwar höchst bedeutend, und auf allen Fall wurde die Hauptfrage auf das bestimmteste durch dieselbe entschieden. Genau genommen schwebt aber über der ganzen Operation ein gewisses Dunkel, welches verhindert, dafs man die gefundene Gröfse eines Bogens unter dem Aequator nicht mit absoluter Sicherheit bei der Be-

1 Vergl. Th. I. S. 328.

2 Relacion historica del Viage a la America meridional. Por Don Jorge Juan y Don Ant. de Ulloa. Mad. 1748. 4 Vol. 4. Franz. Uebers. Voyage historique cet. Amst. 1752. 2 Vol. 4. Vergl. Montucla IV. 151.

rechnung der Figur unserer Erde zum Grunde legen kann. Beide Geometer bestrebten sich nämlich einander nicht blofs in der Bekanntmachung der gewonnenen Ausbeute zuvorzukommen, sondern jeder suchte dabei zugleich sein eigenes Verdienst auf Unkosten seines Begleiters zu erheben. Dieses veranlafste mehrere Streitschriften, bis sie einsahen, dafs hierdurch das Publicum gegen alle beide mifstrauisch werden müsse, und es daher am gerathensten fanden, sich nicht einander, damit aber zugleich sich selbst, zu schaden[1].

Ehe diese Operation beendigt war, brachte es Maupertuis bei dem Minister Maurepas dahin, dafs noch eine zweite Expedition zu einer Messung unter dem Polarkreise ausgerüstet wurde[2]. Maupertuis, Clairaut, Camus und Lemonnier, die Akademiker, und der Abbé Outhier, Eleve beim Observatorio in Paris, reiseten mit hinlänglichen Empfehlungsschreiben an den König von Schweden versehen ab, und kamen im Juli 1736 im bothnischen Meerbusen an, wo sich Celsius zu ihnen gesellte, und sie durch das schwedische Gouvernement auf das beste unterstützt wurden. Sie fanden hier der Schwierigkeiten eine unglaubliche Menge, bestimmten aber dennoch bis zum Monate November den Bogen zwischen *Torneâ* unter 65° 51′ 1″,5 und dem Berge *Kittis* jenseits das Polarkreises unter 66° 48′ 30″ zuerst astronomisch zu 57′ 28″,5, mafsen dann in zwei Abtheilungen eine Basis auf dem Eise des Torneâ-Flus-

---

1 Relation abrégée cet. par Bouguer. Mém. de l'Ac. 1736. p. 569. 1744. p. 249. Relation abrégée cet. par de la Condamine ibid. 1745. p. 391. La Figure de la terre determinée par les observations des Mrs. Bouguer et de la Condamine. Par. 1749. 4. Mesure des trois premiers degrés du Méridien dans l'hémisphère austral. cet. par M. de la Condamine. Par. 1751. 4. Journal historique du voyage fait par ordre du Roi a l'équateur, cet. par de la Condamine Par. 1751. Justifications de plusieurs faits qui concernent les opérations des Academiciens à Perou cet. par Bouguer. Par. 1752. Supplément au Journal historique et au livre de la mésure des trois prem. degrés cet. par de la Condamine. Par. 1752. Lettre dans laquelle on discute divers points d'astronomie cet. und Reponse à la Lettre de Mr. Bouguer, Par. 1754. Vergl. v. Zach in Mon. Cor. XXVI. 39 ff.

2 Eigentlich hätte der gelehrte schwedische Astronom Celsius diese Messung dirigiren sollen, allein Montucla IV. 149. sagt: Maupertuis étoit agréable, il faisoit des chansons, il jouoit de la guitare, et cela lui aida à obtenir la commission qu'il demandoit.

ses, welcher durch die Stadt fliefst, und fanden durch Messung der Entfernung beider bestimmten Puncte die Gröfse eines Grades unter dem Polarkreise = 57437 Toisen. Aus einer Vergleichung desselben mit der Gröfse eines Grades zwischen Paris und Amiens = 57060 ergab sich evident, dafs die Erde ein an den Polen abgeplattetes elliptisches Sphäroid seyn müsse[1]. Eine Vergleichung mit der Länge eines Grades unter dem Aequator nach Bouguer = 56753 Toisen bestätigte dieses Resultat noch auffallender. Gleich nach der Beendigung dieser Operationen verbesserten Cassini de Thüry, der Grofssohn des Dominicus, und Lacaille im J. 1740 die früheren Messungen von Picard und den Cassini's, entdeckten mehrere Fehler darin, welche zum Theil von ungleichen Toisen und den dadurch verursachten unrichtigen Bestimmungen der Standlinien herrührten. Hiernach fanden sie die Länge eines Bogens unter 45° der Breite = 57012 Toisen, wodurch im Allgemeinen sowohl die Gröfse als auch die Gestalt der Erde bestimmt war.

Die bisher erwähnten Unternehmungen hatten allgemein ein so grofses Aufsehen gemacht, dafs man auch an andern Orten mit grofsen geodätischen Operationen Gradmessungen verband, oder absichtlich solche unternahm, von denen aber nur wenige ein brauchbares Resultat gegeben haben, weswegen eine kurze Erwähnung derselben genügen wird. Im Jahre 1750 ging la Caille[2] nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung, um die südlichen Sterne zu beobachten, und die Mondsparallaxe zu bestimmen, benutzte aber zugleich eine geeignete Gegend zu einer Gradmessung um so mehr, als auf der südlichen Halbkugel noch keine solche vorgenommen war, und fand die Länge eines Grades unter 33° 18′ 30″ = 57037 Toisen, welches mit einer gleichförmigen Gestalt der Erde nicht übereinstimmt, und vielfach zur Unterstützung der Meinung einer Ungleichförmigkeit beider Halbkugeln benutzt ist. Obgleich wir keine anderweitige Messungen auf der südlichen Hemisphäre besitzen, so haben doch andere Untersuchungen die Unzuverlässigkeit

1 La Figure de la terre determinée par les observations de cet. par M. de Maupertuis. Amst. 1738. 8. Mém. de l'Ac. 1737. p. 389. Journal d'un voyage au Nord. par M. l'Abbé Outhier. Par. 1744. 4. De observationibus pro figura terrae determinanda cet. Auct. Celsio Ups. 1738. 4.

2 Mém. de l'Ac. 1751. p. 435.

dieser Gradmessung genügend dargethan, welche sich aufserdem aus der zu kurzen aufgewandten Zeit von etwa zwei Monaten und der nicht hinlänglichen Feinheit der gebrauchten Instrumente genugsam erklären läfst[1]. Der Pabst Benedict XIV. liefs bei der Ausmessung des Kirchenstaates durch le Maire und Boscovich gleichfalls 1751 bis 53 zwischen *Rom* und *Rimini* eine Messung von fast zwei Graden unter 43° N. B. vornehmen. Die Länge eines Grades wurde hiernach = 56973 Toisen gefunden[2]. Nach den neuesten Bestimmungen der Polhöhen von *Rom* und *Rimini* durch Oriani, Conti und Calandrelli und nach späteren geodätischen Messungen kann das erhaltene Resultat auf die erforderliche Genauigkeit keine Ansprüche machen. Im Jahre 1768 mafs der bekannte Beccaria mit Hülfe des Canonicus Canonica in den hierzu sehr geeigneten Ebenen bei *Turin* unter 44° 44′ N. B. einen Grad, fand aber grofse Ungleichheiten bei der Annäherung an die Gebirge, und seine Bestimmung der Länge des Grades = 57024 Toisen ist also hiernach und nach späteren prüfenden Messungen nicht zuverlässig genug[3]. Sehr ausgedehnte Messungen stellte Liesganig an, von *Sobieschitz* nach *Warasdin*, von *Sobieschitz* und *Brün* nach *Wien*, von *Wien* nach *Grätz* und von *Grätz* nach *Warasdin*, bestimmte hiernach die Länge eines Grades unter 48° 43′ N. B. zu 57086 Toisen, und unter 45° 57′ N. B. zu 56881 Toisen[4]. Allein Pasquich und andere haben die von ihm astronomisch bestimmten Puncte controlirt und so fehlerhaft gefunden dafs seine Messungen hiernach ohne Werth sind[5]. Unter die minder brauchbaren Gradmessungen, welche aber nicht unbedeutendes geschichtliches Interesse haben, gehört die durch die Geometer in *China* unter der Leitung des Pa-

---

1 Mém. de l'Acad. 1751.

2 De litteraria expeditione per pontificiam dignitatem ad dimetiendos duos meridiani gradus et ad corrigendam mappam geographicam cet. Romae 1755. 4. Franz. Voyage astronomiqae et géographique dans l'état de l'église cet. par les PP. le Maire et Boscovich. Par. 1770. 4.

3 S. Gradus Taurinensis. Tur. 1774. 4. Vergl. v. Zach in Mon. Cor. XXVII. 272.

4 Dimensio graduum merid. Viennensis et Hungarici. Viennae 1770. 4. Vergl. Phil. Tr. 1768. p. 15.

5 Mon. Cor. VIII. 507. IX. 32. 120.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ter Thomas auf Befehl des Kaisers Camby und im Beiseyn eines Chinesischen Prinzen schon im Jahre 1702 bei *Peking* bewerkstelligte, deren Resultate aber wegen der Unbestimmtheit des dabei gebrauchten Mafses für uns gänzlich verloren sind[1]. Weit schätzbarer dagegen ist diejenige, welche 1790 in Ostindien durch *Reuben Burrow* mit grofsem Fleifse, aber sehr mangelhaften Instrumenten bewerkstelligt, und nach seinem Tode durch seinen Gehülfen Dalby bekannt gemacht wurde. Er fand die Länge eines Grades unter 23° 18′ N. B = 56725,3 Toisen[2]. Endlich kann noch Nouet's Nachricht von seiner Gradmessung in Aegypten erwähnt werden, wonach ein Grad der Breite daselbst = 56880 Toisen gefunden wurde[3].

Unter allen bisher erwähnten Messungen von Breitengraden kann nur die eine unter dem Aequator zur Bestimmung der Gröfse und Gestalt der Erde benutzt werden[4]. Für ihre gröfsere Genauigkeit bürgen die lange Zeit und grofse Sorgfalt, welche darauf verwandt wurden, desgleichen der Umstand, dafs wirkliche Fehler ohne Zweifel durch die erwähnten Streitschriften zwischen Bouguer und de la Condamine aufgedeckt worden wären, welche auch allerdings manche in ihrem Vertrauen auf die Zuverlässigkeit der ganzen Operation wankend machten, im Ganzen aber mehr zum Vortheile als zum Nachtheile derselben entscheiden. Beide Gelehrte haben sich nämlich keine verschuldete oder unverschuldete Fehler vorgeworfen, sondern sie suchten nur gegenseitig ein jeder das Verdienst des andern zu schmälern, um das eigene in ein desto helleres Licht zu stellen. Bouguer und Condamine bestimmten zuerst den Unterschied der Breite von *Tarqui* und *Cotchesqui* zu 3° 7′ 1″, mafsen dann den Bogen des Meridians zwischen diesen beiden Orten, und reducirten ihn auf den Spiegel des Meeres. Bouguer brachte hernach für die Länge eines Grades unter dem Aequator 56753 Toisen heraus, Condamine aber nach seiner Berechnung 56750. Godin und die beiden Spanier dagegen stellten eine ähnliche

1 Mon. Cor. I. 589. X. 522.

2 A short account of the late Mr. Reuben Burrow's Mesurement of a degree of Longitude and another of Latitude near the tropic in Bengal cet. by J. Dalby. Lond. 1796. Mon. Cor. XII. 488.

3 Phil. Mag. XII. 208.

4 Vergl. Th. Grenus in Mon. Cor. XIII. 398. XVI. 238. v. Zach ebend. XXVI. 39.

Messung zu *Cuenza* und *Mira* an, und erhielten als Resultat aus der ganzen gemessenen Gröfse von 3° 26′ 52″ die Länge eines Grades unter dem Aequator = 56768 Toisen. Mag man nun hierin zwei Resultate oder mit Montucla[1] drei annehmen, so beweiset auf allen Fall die sehr genaue Uebereinstimmung die Zuverlässigkeit der gefundenen Bestimmung. Durch spätere Correctionen, insbesondere der Ausdehnung der gebrauchten Mefsstangen durch die Wärme ist die Gröfse desselben auf 56731,7 Toisen festgesetzt[2].

Zu den genaueren Messungen gehört ferner diejenige, welche ein Engländer und ein Americaner Mason und Dixon in den weiten Ebenen Pensilvaniens 1764 bewerkstelligten. Die beiden astronomisch bestimmten Puncte lagen unter 38° 27′ 34″ und unter 39° 56′ 19″, hatten also einen Abstand von 1° 28′ 45″, und die ganze zwischenliegende Strecke wurde sorgfältig mit der Kette gemessen. Es war indefs nicht möglich, hierbei stets der Richtung des Meridians zu folgen, sondern nachdem dieses auf einer Strecke von 104988,4 engl. F. geschehen war, mufste für den Rest von 434011,6 engl. Fufs des Terrains wegen eine Neigung gegen die gerade Richtung des Meridians von 3° 43′ 30″ gewählt werden. Biot[3] hat die Correction berechnet, welche deswegen für diese Länge erforderlich ist, und danach beträgt dann der ganze zwischenliegende Bogen 538077,94 engl. F., welches für einen Breitengrad unter 39° 11′ 56″,5 N. B. nach gehöriger Reduction 56888 Toisen giebt[4].

Aufser diesen beiden, so eben näher betrachteten Gradmessungen giebt es noch vier andere aus der neuesten Zeit, nachdem die Erfahrung über alle bei solchen schwierigen Operationen zu beobachtende Vorsichtsmafsregeln genügende Aufklärung gegeben hatte, und durch die Fortschritte der Technik die dabei gebrauchten Instrumente auf einen sehr hohen, wenn man nicht sagen will, den höchsten Grad der Vollendung gebracht waren. Die kleinste von diesen, aber deswegen nicht minder wichtige und schwierige, ist die neue nordische unter dem Polarkreise. Eine genaue Revision der Bestimmungen

1 Hist. des Math. IV. 156.
2 Von Zach in Mon. Cor. XXVI. 39.
3 Traité élémentaire d'Astronomie phys. I. 426.
4 Biot a. a. O. I. 148.

Maupertuis's, hauptsächlich der Correctionen bei den gebrauchten Mefsstangen wegen der Temperatur, ergaben nämlich, dafs die zur Berechnung der Abplattung des Erdsphäroid's so wichtige Bestimmung der Länge eines Grades unter dem Polarkreise der nöthigen Genauigkeit ermangele. Auf den Antrieb von Melanderhielm wurden daher 1801 bis 3 die jungen Geometer Swanberg, Ofverbom, Palander und Holmquist dorthin gesandt, welche durch Anstrengung und Beharrlichkeit die grofsen obwaltenden Schwierigkeiten glücklich überwanden, und von 1801 bis 1803 diese Messung mit grofser Sorgfalt wiederholten, wofür Swanberg den von La Lande ausgesetzten astronomischen Preis erhielt[1]. Die ganze Operation ist in allen ihren speciellen Theilen genau beschrieben[2], und hierdurch war es möglich, auch nachher die erforderlichen Correctionen wegen der so schwierigen Bestimmung der Ausdehnung und Zusammenziehung der gebrauchten Mefsstangen durch die ungleiche Temperatur vorzunehmen, wonach dann die Gröfse des Grades daselbst = 57209,28 Toisen[3] angenommen wird.

In England hatte schon der General Roy eine ausnehmend vollständige und zugleich sehr genaue, weit ausgedehnte, Triangulirung vorgenommen[4], wodurch die Längen der Grade unter verschiedenen Breiten gefunden werden können; die eigentliche Gradmessung mit möglichster Genauigkeit und vermittelst der vollendetsten Instrumente geschah durch Mudge von *Dunnose* auf der Insel *Weight* unter 50° 37′ 8″ an bis *Clifton* unter 53° 27′ 31″. Sie hat in allen späteren Prüfungen bestens bestanden, liefert aber als höchst unerwartete Resultate, wenn man sie unter sich vergleicht, die Länge eines Grades unter 51° 2′ 54″ = 57127,65 T. und unter 52° 50′ 29″,8 = 57017,06 T. im Mittel unter 52° 2′ 19″,8 dieselbe = 57069,8 Toisen[5].

Eine der gröfsten und wichtigsten Gradmessungen ist diejenige, welche der Major Lambton in Ostindien 1802 ange-

---

1 Mém. de l'Inst. IX. 230.

2 Swanberg exposition des opérations faites en Laponie pour la determination d'un arc du méridien cet. Stockh. 1805.

3 Vergl. Melanderhielm in v. Zach Mon. Cor. I. 372. II. 250. VII. 561. XII. 421. bis XIV. 327. Journ. de Ph. LVI. 400.

4 Phil. Trans. LXXX. 111.

5 Phil. Tr. 1803. p. 383. Vergl. Mon. Cor. XXIII. 241. XXV. 497.

stellt hat. Zuerst mafs derselbe von *Trivandeporum* unter 11° 44′ 52″,6 bis *Paudrée* unter 13° 19′ 49″, und fand hiernach die Länge eines Breitengrades unter 12° 32′ 20″,8 = 56763 Toisen[1]. Späterhin hat eben derselbe diese Messung noch weiter ausgedehnt, nämlich von 8° 9′ 38″,4 bis 18° 3′ 23″,6 und die Länge der Grade unter 9° 34′ 44″ N. B. = 60472,83 engl. Fathoms oder 56760,8 T.; unter 12° 2′ 55″ = 60487,56 Fathoms oder 56774,6 T. und unter 16° 34′ 42″ = 60512,78 Fathoms oder 56798,4 Toisen gefunden[2]. Lambton wurde indefs später durch die Bemerkungen des Kapitain Kater auf einige mögliche Fehler aufmerksam gemacht[3], unternahm daher eine nochmalige Revision der ganzen Messung, corrigirte insbesondere die zum Messen der Standlinie gebrauchten Stangen rücksichtlich ihrer Ausdehnung durch Wärme, und reducirte sie auf schärfer bestimmte Normalmafse, wonach er dann folgende corrigirte Werthe erhielt[4]:

N. B.	1 Grad in Fathoms	in Toisen
9° 34′ 44″	— 60477,09	— 56746,50
13 2 55	— 60490,31	— 56757,63
16 34 42	— 60511,65	— 56777,63

Nur eine einzige Gradmessung hat die eben genannte an Umfang übertroffen, nämlich die neue französische. Der Wunsch, ein von Frankreich vorzugsweise stets behandeltes Problem durch die ausgedehnteste Operation zur endlichen Entscheidung zu bringen, das Bestreben, die frühere Messung in Frankreich gründlich zu revidiren, insbesondere aber für die neue grofse Republik ein ewig unveränderliches Normalmafs zu erhalten, welches nur mit der Erde zugleich untergehen könnte, veranlafste im Jahre 1792 den Entschlufs, die stets denkwürdige und wahrhaft ungeheure Messung eines Meridians durch ganz Frankreich vorzunehmen, um hieraus die Länge eines ganzen Quadranten zu berechnen, und den zehnmillionsten Theil desselben unter dem Namen *Meter* als Normalmafs einzuführen.

Dafs der Entschlufs hierzu gefafst und die Ausführung des-

---

1 Asiat. Reas. VIII. ausführl. ausgezogen in Bibl. Brit. XXXVII. 161. 245.

2 As. Reas. XIII. Im Auszuge in Phil. Tr. 1813, II. p. 486.

3 Phil. Tr. 1821.

4 Phil. Trans. 1823. I. 27.

selben glücklich beendigt wurde zu einer Zeit, als die Schreckensscenen der Revolution kaum beendigt waren, keine bleibend consolidirte Regierung den Staat lenkte und zahlreiche feindliche Heere von den Grenzen abgehalten werden mufsten, grenzt an das Unglaubliche, und wird für immer zum Beweise dienen, was diese Nation an und für sich und durch eigenen Impuls zu leisten vermag. Borda schlug vor, die von ihm aufs Neue empfohlenen Repetitionskreise hierbei anzuwenden, und die beiden berühmten Geometer Mechain und Delambre wurden beauftragt, das Unternehmen in Ausführung zu bringen[1]. Die Messung des nördlichen Bogens von *Rodez* bis *Dünkirchen* geschah durch de Lambre, und wurde zuerst beendigt, den südlichen Bogen dagegen von *Rodez* bis *Barcellona* mafs Mechain. Zwei Standlinien wurden gemessen, die eine bei *Melun* 6075,9 Tois. lang als Grundlage der ganzen Messung, die andere bei *Perpignan*, 6006,25 T. lang, als Controle. Die Messung geschah mit 4 Stangen von Platin, unter der Aufsicht von de Borda durch Lenoir mit gröfster Sorgfalt gearbeitet, mit einer parallel aufliegenden Stange Kupfer, um aus der ungleichen Ausdehnung der Metalle die Temperatur und zugleich die absolute Ausdehnung der ganzen Stangen zu finden[2], insbesondere aber wurde die Normalstange No. 1 sorgfältig mit der *Toise von Peru* und nachher auch mit der durch Maupertuis gebrauchten verglichen, um vollkommene Uebereinstimmung in diese drei Hauptmessungen zu bringen. Die äufsersten Puncte des ganzen gemessenen Bogens waren *Dünkirchen* unter 51° 2′ 10″,5 und der Thurm von *Montjouy* bei *Barcellona* unter 41° 21′ 44″,8, mithin betrug die ganze Länge desselben 9° 40′ 25″,7 und wurde = 1275792,36 Meters gefunden[3]. Die Mitte desselben lag unter 49° 11′ 58″, und um diese genau unter 45°, die Mitte des Quadranten, zu bringen, wünschte Mechain die Messung bis nach den Balearischen Inseln auszudehnen. Er selbst erlebte dieses aber nicht, sondern starb an den Folgen einer Verwundung, des Grams über die Lage seines Vaterlandes und der Hauptstadt, desgleichen zu grofser Anstrengungen in jenen ungesunden Gegenden. Das Nationalinstitut

1 Connaissance des Temps, an X.
2 Vergl. Th. I. S. 579.
3 Montucla. IV. 166.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

übertrug daher im Jahre 1806 den hierdurch und auch nachher berühmt gewordenen, noch lebenden Gelehrten Biot und Arago die Ausführung dieser höchst schwierigen Messung[1]. Vom Berge *Mongo* in Spanien konnte die Insel *Formentera*, der äufserste Punct des gemessenen ganzen Bogens nur eben als eine kleine Insel gesehen werden. Signale auf beiden Puncten waren bei Tage nicht wahrnehmbar, denn die eine Seite des gemessenen Dreiecks betrug 160008 Meters[2], und es mufsten daher Lampen mit Reverberen des Nachts angezündet werden, welche lange nicht wahrgenommen wurden, bis man darauf verfiel, bei Tage schon die Fernröhre dahin zu richten, wo man dieselben zu erwarten hatte, worauf sie dann des Nachts als kleine Fixsterne sichtbar wurden. Der ganze Bogen von *Dünkirchen* nach der genauesten Bestimmung unter 51° 2′ 9″,55 bis *Formentera* unter 38° 39′ 56″,11 beträgt also 12° 22′ 13″,44, und hat eine Länge von 705188,8 Toisen, dessen Mitte unter 44° 51′ 2″,83 fällt[3].

In diesem Augenblicke sind einige Gradmessungen entweder beschlossen oder zum Theil wirklich schon vollführt, deren Resultate mir noch nicht bekannt sind. Dahin gehört eine schon weit gediehene Messung in Rufsland und Finnland durch Struve[4], Walbeck und Argelander, die grofse geodätische Operation in *Schwaben* durch von Bohnenberger, die Messung in *Holstein* durch Schumacher und insbesondere diejenige in *Niedersachsen*, welche den berühmten Astronomen Gauss schon einige Sommer hindurch beschäftigt hat.

Die Uebersicht der hier mitgetheilten verschiedenen Gradmessungen mufs zu der Ueberzeugung führen, dafs es von je-

---

1 Einen Auszug aus dem Mémoir über diese Messung, s. in Bibl. Brit. XLIII. 43 ff.

2 Biot. Ast. phys. I. 161.

3 Recueil d'observations géodésiques, astronomiques et physiques cet. par MM. Biot et Arago. Par. 1821. 4. Nach Walbeck in Diss. de forma et magnit. Telluris ex dim. arcubus meridiani definiendis, Aboae. 1819 sind die Breiten der Endpuncte 38° 39′ 56″,11 und 51° 28′ 39″,56, also der zwischenliegende Bogen 12° 48′ 43″,45 und die Länge des ganzen Bogens 730431,3 Tois. Vergl. Delambre Astron. III. 566. Zeitschrift für Astron. von v. Lindenau und v. Bohnenberger. III. 74.

4 Schumacher Astron. Nachr. 1824. No. 32 u. 33.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

her, so lange überhaupt wissenschaftliche Beschäftigungen in Achtung standen, an einem grofsen Aufwande von Mühe und Kosten nicht gefehlt hat, um die Gestalt und Gröfse der Erde mit völliger Schärfe aufzufinden. Indem aber diese Aufgabe nicht in sich absolut unauflösbar, selbst nicht einmal besonders schwer erscheinen kann, weil es nur auf die Ausmessung eines, wenn auch grofsen, Körpers ankommt, so läfst sich mit Grunde erwarten, dafs durch die genannten grofsen und mit ausgezeichneter Sorgfalt ausgeführten Operationen die Gestalt der Erde uns vollkommen bekannt seyn müfste. Ist dieses nicht der Fall, wie eine nähere Prüfung bald ergeben wird, so müssen physische Hindernisse obwalten, welche auf die erhaltenen Resultate einen Einflufs haben, und durch die gröfste Genauigkeit der Werkzeuge und Sorgfalt bei den Operationen des Messens nicht völlig beseitigt werden können.

Bei der Berechnung der durch die verschiedenen Messungen erhaltenen Resultate pflegt man von der Voraussetzung auszugehen, dafs die Erde ein an den Polen abgeplattetes elliptisches Sphäroid (ellipsoide de révolution) sey, durch Umdrehung um die kleine Axe der Ellipse entstanden. Zu dieser Annahme berechtigen sowohl verschiedene theoretische Gründe, als insbesondere auch die vorläufige Uebersicht der Resultate aus den Messungen. Hiernach kommt also die ganze Aufgabe darauf zurück, aus der Krümmung des elliptischen Meridians, wie diese an verschiedenen Orten gefunden ist, das Verhältnifs der beiden Axen zu finden. Es sind hierzu verschiedene Methoden der Berechnung in Vorschlag gebracht, welche im Wesentlichen darauf zurückkommen, die Meridiane als elliptische Bogen, deren halbe Axe A C = b und halber Durchmesser E C = a seyn mag, zu betrachten, und den Unterschied beider, desgleichen die absolute Länge eines derselben aus einzelnen gemessenen Graden nach den Eigenschaften der Ellipse zu bestimmen. Eine der leichtesten Methoden der Berechnung ist die durch Maupertuis[1] angegebene, welche nachher durch L. Euler und nach diesem durch Roumovsky[2] ausführlicher

Fig. 170.

1 Figure de la Terre. p. 147. Mém. de l'Acad. 1734. p. 98.

2 Nov. Act. Pet. XIII. 407. Eine dieser ähnliche Formel findet man in Phil. Tr. 1818. II. p. 498. eine hiervon verschiedene elegante Methode zeigt Littrow in: Theoretische und praktische Astronomie. Wien 1821. II Vol. 8. I. 333.

dargestellt wurde. Sind hiernach die Längen der gemessenen Grade g und G, die ihnen zugehörigen geographischen Breiten ψ und φ, so ist der Unterschied beider Axen

$$\delta = \frac{G - g}{3(G.\,\mathrm{Sin.}^2\varphi - g\,\mathrm{Sin.}^2\psi)}$$

welches, die grofse Axe als Einheit angenommen die Abplattung giebt.

Diese Formel wird für unsern Zweck genügen, um zu versuchen, wie genau die vorliegende Frage über die eigentliche Gestalt der Erde bisher durch die verschiedenen Messungen entschieden ist; denn die folgenden Betrachtungen werden ohnehin zeigen, dafs nicht sowohl die Methode der Berechnung, als vielmehr die Unsicherheit der zum Grunde liegenden Gröfsen eine noch immer herrschende Ungewifsheit veranlafst. In gröfster Allgemeinheit ist das Problem, aus gemessenen Meridiangraden die Gestalt der Erde zu bestimmen, durch La Place untersucht[1]. Dieser nimmt die Gradmessungen in *Peru*, auf dem *Cap*, in *Pensilvanien*, die *italienische*, die neue *französische* bis *Barcellona* und die *Oesterreichische* in Rechnung, und findet danach die Abplattung $= \frac{1}{277}$. Wird die Berechnung so angestellt, dafs die Summe der bei den Messungen begangenen Fehler $= 0$ werde, so folgt aus allen diesen Messungen eine Abplattung von $\frac{1}{312}$. Die Messungen von *Dünkirchen* bis *Montjouy* für sich berechnet geben nach La Place eine Abplattung $= \frac{1}{150{,}6}$. allein er bemerkt dabei sogleich, dafs diese Gröfse weder mit dem Gesetze der Schwere noch mit den Erscheinungen der Präcession und Nutation übereinstimme, welche keine gröfsere Abplattung als $\frac{1}{230}$ gestatten. Indem nun die bei der französischen Messung begangenen Fehler, wenn man aus derselben diesen Werth ableiten wollte, gröfser seyn müfsten, als sie nach der Wahrscheinlichkeit bei so genauen Operationen seyn können, so vermuthet La Place, dafs die

---

1 Méc. cél. Liv. III. vorzüglich Chap. 4. u. 5.

Erde überhaupt in Folge ungleicher Dichtigkeit nicht regelmäfsig gekrümmt sey[1].

Sehr ausführlich ist die Aufgabe, aus gemessenen Graden die Krümmung des Erdellipsoids zu finden, durch L. Puissant behandelt[2], allein die Entwickelung der von ihm gegebenen Formel ist viel zu weitläuftig, als dafs sie eine Mittheilung gestattete. Indefs findet man daselbst keine Vergleichung aller oder mindestens der genaueren Gradmessungen, um hieraus die Abplattung zu bestimmen, sondern blofs diejenigen Berechnungen, welche sogleich nach der Beendigung des ersten Theils der grofsen französischen Messung angestellt wurden, nämlich eine Vergleichung dieser letzteren und der peruanischen, woraus die Abplattung $= \frac{1}{334{,}29}$ oder schlechtweg $= \frac{1}{334}$ gefunden ist[3]. Delambre unterwarf indefs sowohl die peruanische Messung als auch die französische von *Dünkirchen* bis *Barcellona* einer genauen Revision, und erhielt dann aus der Vergleichung dieser beiden Bogen eine Abplattung von $\frac{1}{308{,}6}$, statt dessen Puissant durch Verbesserung eines kleinen Rechnungsfehlers $\frac{1}{309{,}6}$ findet[4]. Dieses Resultat stimmt ziemlich genau mit demjenigen überein, was Le Gendre[5] aus der Vergleichung des Grades in *Peru* und des in *Frankreich* von *Dünkirchen* bis *Paris* gemessenen fand, nämlich dafs die Abplattung $\frac{1}{305}$ betrage.

Eine ausführliche Abhandlung über die Bestimmung der Gestalt des Erdsphäroids aus Gradmessungen nebst einer Vergleichung mit demjenigen, was Präcession, Nutation und Monds-

---

1 a. a. O. Chap. 5. §. 41.

2 Traité de géodésie, ou exposition des méthodes trigonométriques et astronomiques, cet. 2me ed. Paris 1819. II vol. 4. I. ch. XII. u. XIII. p. 254. ff. Eine kurze und elegante Methode von ebendemselben findet man in Férussac Bullet. des Scienses Math. cet. 1825. Fév. p. 74.

3 Base du Système métrique. Par. III vol. 4. Vergl. Mém. de l'Inst. II. 43.

4 Base Métrique. III. 112. Puissant a. a. O. 278.

5 Mém. de l'Ac. 1789. p. 422.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

gleichungen geben, hat von Lindenau mitgetheilt[1]. Er legt hierbei die von La Place gewählte Methode zum Grunde, wonach vorausgesetzt wird, dafs bei einem regelmäfsigen elliptischen Sphäroide die Zunahmen der Meridiangrade den Quadraten der Sinus der Breite proportional sind, wonach also die allgemeine Gleichung für irgend einen Meridiangrad wird:

$$z + y \text{ Sin.}^2 \text{ lat.} = M°.$$

die durch von Lindenau in Rechnung genommenen Messungen sind die *Peruanische*, die beiden *Ostindischen* von R. Burrow und die erste von Lambton, die in *Pensilvanien*, *Italien*, *Frankreich*, *Oesterreich*, *England* und *Lappland* ausgeführten. Mit La Place's Berechnung verglichen, läfst er also die auf dem *Cap* weg, und führt dagegen die beiden Ostindischen, die Englische und die Lappländische ein. Aus allen vereinigt findet er unter der angegebenen Voraussetzung

$$y = 563{,}72 \; ; \; z = 56723{,}83 \text{ Tois.}$$

folglich $M° = 56723{,}83 + 563{,}72 \text{ Sin.}^2 \text{ lat.}$ woraus die Excentricität $= 0{,}006571$ und die Abplattung $= \frac{1}{304}$ mit nicht unbedeutenden Abweichungen der einzelnen Gröfsen von diesem mittleren Werthe aus allen, folgt[2]. Werden z. B. die drei zuverlässigsten neueren Messungen, die französische, die englische und die nordische mit einander nach der nämlichen Methode berechnet, so findet v. Lindenau die Abplattung $= \frac{1}{380}$, die beiden americanischen dagegen geben gar $\frac{1}{500}$. Aus der französischen für sich findet v. Lindenau $\frac{1}{155}$, welches von dem durch La Place gefundenen $= \frac{1}{150}$ und von Le Gendre $= \frac{1}{148}$ nicht merklich abweicht[3]. Das auffallendste Resultat giebt aber

1 Mon. Cor. XIV. 113. 309.

2 Nach der bei der Berechnung durch v. Lindenau zum Grunde liegenden Gröfse beträgt ein Grad unter dem Aequator 56753,5 Tois., also mit Bouguer's Angabe genau übereinstimmend. Nach den von andern angebrachten Correctionen ist derselbe kleiner.

3 Eben dieses letztere Resultat erhält Puissant. S. Traité de Géodésie. II. 248. Später in Cor. astron. par le Baron de Zach. cet. 1 cah. 2 findet v. Lindenau aus den Graden in Peru, Asien, Frank-

die *englische Gradmessung*, welche mit so aufserordentlicher Genauigkeit angestellt ist, dafs sie vorzugsweise zur Entscheidung der untersuchten Frage dienen müfste. Die Resultate derselben sind gleichfalls durch v. Lindenau zuerst nach der Methode der kleinsten Quadratsummen berechnet[1], und nachher hat ebenderselbe die ganze Operation in allen ihren einzelnen Theilen untersucht, und folgende Werthe der einzelnen Gradlängen erhalten[2]:

Namen der Orte	Mittlere Breite	Länge eines Grades
Arbury-Hill — Clifton	52° 50′ 29″,9	57016,7 Tois.
Blenheim — Clifton	52 38 59,7	57020,1 —
Greenwich — Clifton	52 28 5,6	57043,6 —
Dunnose — Clifton	52 2 19,9	57069,8 —
Arbury-Hill — Greenwich	51 51 3,9	57095,2 —
Dunnose — Arbury-Hill	51 25 18,2	57108,9 —
Blenheim — Dunnose	51 13 48,1	57134,1 —
Dunnose — Greenwich	51 2 53,9	57108,2 —

Eine Vergleichung dieser Gröfsen unter sich giebt als höchst anomales Resultat eine Aequatorialabplattung von $\frac{1}{55}$, welches mit einer Zusammmenstellung aller übrigen Messungen eben so wenig als mit einer Verbindung irgend einer derselben mit dieser englischen vereinbar ist. Namentlich giebt ein Grad in Frankreich unter 45° N. B. = 57007,7 T. mit dem mittleren Werthe aus der englischen Gradmessung unter 52° 2′ 20″ = 57069,8 T. eine Abplattung von $\frac{1}{334}$. Indem aber die erwähnten Anomalien unmöglich aus Beobachtungsfehlern erklärlich sind, so folgerte Mudge[3], dafs das Bleiloth als Folge irregulärer Anziehungen der Erde eine Ablenkung nach Süden erhalten haben müsse, indem schon Newton[4] bewiesen habe, dafs

---

reich, England und Schweden den mittleren Grad = 57001,7 Tois. und die Abplattung = $\frac{1}{313}$.

1 Mon. Cor. XIV. 138.
2 Mon. Cor. XXVI. 109.
3 Phil. Tr. 1803. II.
4 Phil. nat. pr. math. III. prop. 20.

ungleiche Dichtigkeiten der Erdschichten eine Ablenkung des Lothes zu bewirken geeignet seyen. Eben diese Ansicht hegt v. Lindenau, und folgert hieraus, dafs Gradmessungen überhaupt zur Bestimmung der Gestalt unserer Erde unzureichend sind, wenn wir nicht annehmen wollen, dafs dieselbe ein unregelmäfsiger Körper sey. Anderer Meinung hierüber ist Rodriquez[1]. Zwar findet er allerdings das durch Mudge erhaltene Resultat höchst auffallend, gelangt aber zu etwas anderen Werthen durch eine neue Berechnung nach de Lambre's Formeln. Hierbei ist ihm das Verhältnifs[2] des englischen Fufses zum französischen = 4: 4,263, und wenn hiernach der ganze gemessene Bogen reducirt wird, so beträgt die Länge eines in der Mitte desselben liegenden Grades unter 52° 2′ 20″ N. B. = 57073,74 Toisen oder 60826,34 Fathoms bei 16°$\frac{2}{3}$ C. und eben so eines Grades am südlichsten Ende unter 51° 25′ 21″ = 57068,41 Toisen, am nördlichsten Ende aber unter 52° 50′ 32″ = 57080,7 Toisen, welches mit der Theorie weit besser übereinstimmt. Den Fehler, welchen Mudge begangen haben soll, sucht Rodriquez in unrichtigen Bestimmungen der Polhöhe ohngefähr in der Mitte des ganzen gemessenen Bogens, und schätzt ihn auf etwa 5″, indem übrigens die Messung im Ganzen mit der Berechnung nach der angenommenen Abplattung = $\frac{1}{306}$ bis auf die Differenz von 1″,38 übereinstimmt. Eben deswegen ist er nicht geneigt, der Vermuthung Mudge's beizutreten, wonach eine Ablenkung des Lothes jene widersprechenden Resultate hervorgebracht haben soll. — Alle solche willkührliche Aenderungen aber, um die Messungen einer angenommenen Hypothese anzupassen, können den unbefangenen Forscher nicht befriedigen.

Eben diejenigen Grade, welche von Lindenau in Rechnung genommen hat, sind auch durch v. Bohnenberger dazu angewandt, um das Verhältnifs zwischen Axe und Durchmesser des elliptischen Erdsphäroids zu finden[3]. Indem aber die von ihm gebrauchte Formel mit andern Bestimmungen von Di-

---

1 Phil. Trans. 1812. p. 321. Vergl. einen Auszug in Con. des Tems 1816. p. 256.

2 Dieses ist bis auf eine geringe Kleinigkeit richtig. Vergl. *Mafs.*

3 Astronomie. 187. ff.

mensionen auf der Oberfläche der Erde zusammenhängt, wovon ich später Gebrauch machen werde, so wird es am besten seyn, Folgendes vorauszuschicken.

Wird, wie oben geschehen ist, der halbe Durchmesser der ellipsoidisch angenommenen Erde = a, die halbe Axe = b und $\frac{a^2 - b^2}{a^2} = e^2$ gesetzt; der halbe Parameter der grofsen Axe = p, die Normale = N genannt, so ist für einen elliptischen Erdmeridian nach den Eigenschaften der Ellipse Fig. 170.

$$N^2 = \frac{p^2}{1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \text{ lat.}}$$

Es verhält sich aber der Krümmungshalbmesser der Ellipse für den Punct der Normale zu dieser Normale wie $N^2 : p^2$; und wenn man also diesen Krümmungshalbmesser durch R bezeichnet, so ist

$$R = \frac{N^2}{p^2} \times N = \frac{p}{(1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \text{ lat.})^{\frac{3}{2}}}$$

Da sich aber so kleine Bogen wie die Krümmungshalbmesser verhalten, so ist für die den Polhöhen φ und ψ zugehörenden Gradbogen g und G

$$g : G = \frac{p}{(1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \varphi)^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{p}{(1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \psi)^{\frac{3}{2}}}$$

$$= (1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \psi)^{\frac{3}{2}} : (1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \varphi)^{\frac{3}{2}}$$

$$g^{\frac{2}{3}} : G^{\frac{2}{3}} = 1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \psi : 1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \varphi$$

Es ist also

$$G^{\frac{2}{3}} - G^{\frac{2}{3}} e^2 \text{ Sin.}^2 \psi = g^{\frac{2}{3}} - g^{\frac{2}{3}} e^2 \text{ Sin.}^2 \varphi$$

woraus 1) $e^2 = \frac{G^{\frac{2}{3}} - g^{\frac{2}{3}}}{G^{\frac{2}{3}} \text{ Sin.}^2 \psi - g^{\frac{2}{3}} \text{ Sin.}^2 \varphi}$.

Ist hieraus e^2 gefunden, so ist aus

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \text{ auch } \frac{b^2}{a^2} = 1 - e^2$$

und das Axenverhältnifs $b : a = \sqrt{1 - e^2} : 1$, wodurch die Abplattung gefunden wird. Um mit gewöhnlichen Logarithmen von 7 Decimalstellen e^2 noch genauer als durch die Formel No. 1 zu finden, setzt v. Bohnenberger

$$\frac{G-g}{3G} = D \text{ und } \frac{\text{Sin. } \varphi}{\text{Sin. } \psi}\left(\frac{g}{G}\right)^{\frac{1}{3}} = \text{Cos. u.}$$

in dieselbe, wonach dann

$$e^2 \text{ Sin.}^2 \psi \text{ Sin.}^2 u = 1-(1-3D)^{\frac{2}{3}}$$
$$= 2D + D^2 + \tfrac{4}{3} D^3 + \ldots\ldots$$

$$2)\ e^2 = \frac{2D}{\text{Sin.}^2 \psi \text{ Sin.}^2 u} + \frac{D^2}{\text{Sin.}^2 \psi \text{ Sin.}^2 u} + \frac{4D^3}{3(\text{Sin.}^2 \psi \text{ Sin.}^2 u)} + \ldots$$

wobei das dritte Glied schon füglich vernachlässigt werden kann. Indem aber $\frac{b^2}{a^2} = 1 - e^2$ also $\frac{b}{a} = \sqrt{1-e^2}$ ist, so giebt das letzte Glied in eine Reihe entwickelt

$$\frac{b}{-} = 1 - \tfrac{1}{2} e^2 - \frac{1}{2.4} e^4 - \frac{1.3}{2.4.6} e^6 - \ldots\ldots$$

$$\text{also } \frac{a-b}{a} = \tfrac{1}{2} e^2 + \frac{1}{2.4} e^4 + \frac{1.3}{2.4.6} e^6 + \ldots\ldots$$

Liegt der eine gemessene Grad unter dem Aequator, so ist seine Breite $\varphi = 0$ und sein Krümmungshalbmesser $R = p$. Es ist aber $g : G = p : R$, folglich

$$3)\ G = \frac{gR}{-} = \frac{g}{(1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \psi)^{\frac{3}{2}}}$$
$$= g\left(1 + \tfrac{3}{2} e^2 \text{ Sin.}^2 \psi + \frac{3.5}{2.4} e^4 \text{ Sin.}^4 \psi + \frac{3.5.7}{2.4.6} e^6 \text{ Sin.}^6 \psi + \ldots\right)$$

und umgekehrt

$$4)\ g = \frac{Gp}{R} = G\,(1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \psi)^{\frac{3}{2}}$$
$$= G\left(1 - \tfrac{3}{2} e^2 \text{ Sin.}^2 \psi + \frac{3.1}{2.4} e^4 \text{ Sin.}^4 \psi + \frac{3.1.1}{2.4.6} e^6 \text{ Sin.}^6 \psi + \ldots\right)$$

woraus für einen gegebenen Werth von e aus jedem gemessenen Grade jeder andere berechnet werden kann.

Ehe indefs überhaupt eine Berechnung der Abplattung angestellt werden kann, wird hauptsächlich erfordert, die Gradmessungen vorher genau zu prüfen, damit nicht durch unrichtige Grundbestimmungen falsche Resultate erhalten werden. Dafs dieses indefs einen weit gröfseren Aufwand von Zeit und Mühe

erfordere, auch auf eine weit umfassendere Arbeit führen würde, als hier am rechten Orte wäre, leidet keinen Zweifel, und es kann daher nur dasjenige mitgetheilt werden, was bishero von andern geschehen ist[1]. Aus diesem folgt aber, dafs verschiedene Gradmessungen ganz ausgeschlossen werden müssen, und es bleiben daher nur etwa folgende für die Berechnung brauchbar.

1. Die *Peruanische*. Diese ist durch Delambre[2] und von Zach[3] sehr genau revidirt, und hiernach ist die Länge eines Grades unter dem Aequator = 56731,7 Toisen.

2. Die drei *Ostindischen* nach der letzten Revision durch Lambton.

3. Die *französische*. Von dieser liefse sich allerdings bei dem grofsen, derselben gewidmeten Aufwande eine ganz vorzügliche Genauigkeit erwarten, und diese ist ihr auch wohl im Ganzen nicht abzusprechen. Es scheint ferner, als ob der geodätische Theil derselben keinen weiteren Zweifeln unterliegt, auch ist der südlichste Endpunct mit gröfster Schärfe bestimmt; allein Biot, von welchem wir eben diese Bestimmung haben, sagt zugleich, dafs er die Vergleichung des ganzen in Frankreich gemessenen Bogens, mit den Messungen in Indien, England und Lappland so lange versparen müsse, bis die vom Bureau des Longitudes beschlossene Verificirung der Polhöhe von Dünkirchen ausgeführt seyn würde[4]. Indefs läfst sich nicht erwarten, dafs diese Bestimmung bedeutend unrichtig seyn sollte, und da aufserdem ein kleiner Fehler sich über den ganzen gemessenen Bogen ausdehnt, so kann hierdurch das Resultat nicht merkbar unrichtig werden. Wir müssen aufserdem bei der Voraussetzung einer regelmäfsigen Krümmung der Erdmeridiane, worauf die ganze Hypothese gebauet ist, annehmen, dafs die

---

1 Eine der neuesten Arbeiten über diesen Gegenstand ist von Timmerman's: Diss. astron. math. de figura Terrae cet. Gandae 1822. 4. Darin sind allerdings elegante Formeln zur Berechnung mitgetheilt, allein blofs die älteren Messungen uncorrigirt aufgenommen, wonach denn die Abplattung aus Gradmessungen $= \frac{1}{314}$ und aus Pendellängen $= \frac{1}{320}$ gefunden wird.

2 Base metr. III. 112.

3 Mon. Cor. XXVI. 39.

4 Recueil d'Observations cet. p. 440.

nördlicheren Grade des ganzen Bogens den mittleren um ebensoviel übertreffen, als die südlicheren kleiner sind. Diesemnach fällt die Mitte des ganzen gemessenen Bogens in 44° 51′ 2″,83 und die Länge eines Grades unter dieser Breite beträgt, gewifs mit grofser Zuverlässigkeit 57006,14 Toisen.

4. Die *englische* Gradmessung kann zwar wegen des nachgewiesenen Widerspruches der erhaltenen Gröfsen unter sich, mit allen andern Messungen und mit der Theorie kein absolut zuverlässiges Resultat darbieten. Wenn man indefs die grofse Genauigkeit derselben berücksichtigt, so verdient sie keineswegs ausgeschlossen zu werden, indem es blofs darauf ankommt, die Gröfse eines Grades unter der mittleren Polhöhe der ganzen Messung zu kennen, wobei sich dann die Fehler wenigstens zum Theil auf das Ganze vertheilen und dadurch geringer werden. Der Werth dieser Gröfse ist oben so angegeben, wie er aus der Messung unmittelbar abgeleitet wurde, und eben diesen giebt auch von Lindenau[1] als das Resultat seiner sehr genauen Berechnung an, nämlich die Länge eines Grades unter 52° 2′ 20″ N. B. = 57069,8 Tois. Mit einer nur unbedeutenden Abweichung werden neuerdings[2] für einen Grad unter dieser Breite 60824,26 Fathoms oder 57071 Toisen angenommen.

5. Endlich darf auch die *neueste nordische* nicht blofs nicht ausgeschlossen werden, sondern sie ist vielmehr von vorzüglicher Wichtigkeit, theils weil sie die Gröfse eines Grades im hohen Norden angiebt, theils weil sie auf vorzügliche Genauigkeit nicht ganz ungegründete Ansprüche machen darf. Indefs ist die Frage, wie grofs ein Grad unter jener Breite wirklich sey? Nach den mir zu Gebote stehenden Hülfsmitteln, und ohne dafs es aus den oben angegebenen Gründen hier zulässig ist, eine neue und vollständige Revision der Messung vorzunehmen, läfst sich darüber Folgendes sagen. Das durch Maupertuis gefundene Resultat, wonach ein Grad unter 66° 19′ 34″ N. B. = 57422 Toisen betragen sollte, ist ganz unzulässig. Die schwedischen Geometer Swanberg, Ofverbom, Palander und Holmquist dehnten die Messung noch bedeutend weiter aus, nämlich von Malörn unter 65° 31′ 32″,14 bis Pahtavara unter 67° 8′ 51″,53. Die Amplitudo des ganzen gemessenen Bogens

1 Mon. Cor. XXVI. 130.
2 Phil. Tr. 1823. I. 27.

betrug daher 1° 37′ 19″,39, wovon die Mitte unter 66° 20′ 12″ fällt, und nach Melanderhielm[1] 57209,28 Toisen beträgt, welche Gröfse auch oben angenommen ist. Bohnenberger[2] nimmt bei seiner Berechnung nur 57188,42 T. an, von Lindenau[3] aus Swanberg's Bericht und nach einigen späteren Correctionen wegen der Temperatur der Mefstangen 57196,18 Tois., welche Bestimmung oben mitgetheilt ist. Nach Lambton's Berechnung beträgt die Gröfse desselben 60955 Fathoms, welches reducirt[4] 57193,62 Toisen ausmacht[5]. Wenn ich indefs in Ueberlegung ziehe, dafs früher ein Axenverhältnifs von 333 zu 334 sehr allgemein angenommen wurde, und man hierdurch geneigt seyn konnte, den Lappländischen Grad etwas kleiner zu finden, so scheint es mir am geeignetsten, die erste, aus der unmittelbaren Messung durch genaue Berechnung und mit Rücksicht auf die erforderlichen Correctionen gefundene Gröfse beizubehalten, und hiernach also den Grad unter 66° 20′ 12″ N. B. zu 57209,28 Toisen anzunehmen. Eine Zusammenstellung dieser Gröfsen giebt dann folgende Uebersicht.

Beobachter	Nördliche Breiten			Länge eines Grades
Bouguer u. Condamine	0°	0′	0″	56731,70 Toisen
Lambton . . . a)	9°	34	44	56746,50
— b)	13	2	55	56757,63
— c)	16	34	42	56777,63
Delambre, Mechain / Biot, Arago	44	51	3	57006,14
Mudge	52	2	20	57070,00
Swanberg u. Ofverbom	66	20	12	57209,00

Werden diese Gröfsen nach der bequemen, und für unsern Zweck genügenden Formel von Maupertuis in Rechnung genommen, so geben sie folgende Werthe für die Abplattung des elliptischen Erdsphäroid's.

---

1 Mon. Cor. VII. 566.
2 Astronomie. S. 196.
3 Mon. Cor. XIV. 131.
4 Vergl. *Mafs*.
5 Phil. Trans. 1823. I. 27.

Verglichene Grade		δ	Abplattung
Peruanische und Ostindische a	—	0,00313954	$\frac{1}{318,5}$
— — — b	—	0,00298740	$\frac{1}{334,7}$
— — — c	—	0,00331220	$\frac{1}{301,9}$
— — Französische	—	0,00322630	$\frac{1}{309,9}$
— — Englische	—	0,00317870	$\frac{1}{314,6}$
— — Lappländische	—	0,00331506	$\frac{1}{301,6}$
Ostindische a und Französische	—	0,00323140	$\frac{1}{309,4}$
— — Englische	—	0,00318080	$\frac{1}{314,3}$
— — Lappländische	—	0,00332100	$\frac{1}{301,1}$
Ostindische b und Französische	—	0,00325350	$\frac{1}{307,3}$
— — Englische	—	0,00319568	$\frac{1}{312,9}$
— — Lappländische	—	0,00333607	$\frac{1}{299,7}$
Ostindische c und Französische	—	0,00320962	$\frac{1}{311,5}$
— — Englische	—	0,00315870	$\frac{1}{316,3}$
— — Lappländische	—	0,00331536	$\frac{1}{301,6}$
Französische und Englische	—	0,00298895	$\frac{1}{334,5}$
— — Lappländische	—	0,00344330	$\frac{1}{290,4}$
Englische und Lappländische	—	0,00370154	$\frac{1}{270,1}$
Mittel	—	0,00324973	$\frac{1}{307,7}$.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Dieses mittlere Resultat stimmt ziemlich nahe mit demjenigen überein, welches die peruanische Messung mit der französischen giebt, und welches von DE LAMBRE und von v. ZACH gleich grofs gefunden ist[1]. Eine Vergleichung der einzelnen Werthe unter einander zeigt, dafs die englische Messung die gröfsten Abweichungen von dem mittleren Resultate giebt, welche aber einander entgegengesetzt sich wieder compensiren, die aus der französischen und aus der lappländischen gefundene Abplattung kommt aber derjenigen am nächsten, welche die neuesten Pendelmessungen gegeben haben. Aufserdem giebt die Zusammenstellung des zweiten Ostindischen Grades mit dem Peruanischen ein auffallend abweichendes Resultat. Es scheint mir weniger der Sache angemessen, diese Abweichung von einer unregelmäfsigen Krümmung der Erde abzuleiten, als vielmehr einen Fehler in der Messung, namentlich in den Breitenbestimmungen beizulegen, weil dieser Grad gerade zwischen zwei sehr genau übereinstimmenden liegt. Werden aber die aus diesen Graden abgeleiteten Bestimmungen der Abplattuug weggelassen, so ist dieselbe nach dem mittleren Resultate $= 0{,}00327931$ oder $= \frac{1}{304{,}9}$.

Bei der im Ganzen geringen Abweichung der Resultate aus genauen Messungen mit diesem mittleren Werthe wird es doch mindestens wahrscheinlich, dafs unsere Erde ein regelmäfsig gekrümmtes elliptisches Sphäroid (ellipsoide de révolution) sey, dessen Gröfse und Gestalt allerdings durch genaue Messungen an geeigneten Orten, vorzüglich in flachen Gegenden mit wenigstens sehr genäherter Genauigkeit bestimmt werden könnte.

Zum Beschlusse dieser Untersuchung möge es noch erlaubt seyn, das gefundene Resultat mit einigen von anderen erhaltenen zu vergleichen. RODRIGUEZ[2] findet aus einer Zusammenstellung der Gradmessungen am *Aequator*, in *Bengalen*, *Frankreich* und *Lappland* im Mittel $= \frac{1}{312{,}5}$. LAMBTON[3] erhielt

1 Mon. Cor. XXVI. 58. Vergl. La Place Méc. Cél. T. V. Liv. XI. p. 13.

2 Phil. Tr. 1812. 321. Bohnenberger und v. Lindenau Zeitschrift für Astron. III. 76.

3 Phil. Tr. 1818. II. 503.

anfänglich aus dem von ihm gemessenen Grade verglichen mit der Französischen Messung $\frac{1}{309,5}$, mit der Englischen $\frac{1}{313,54}$ und mit der Schwedischen $\frac{1}{307,9}$; wonach also die mittlere Abplattung $= \frac{1}{310,3}$ seyn würde. Nach einer späteren Revision und neuen Berechnung erhält ebenderselbe[1] folgende Resultate aus den drei angegebenen Bestimmungen seiner Messung in Bengalen:

mit der Französischen $\frac{1}{310,07}$; $\frac{1}{309,64}$; $\frac{1}{313,73}$ Mittel $\frac{1}{311,15}$

— — Englischen $\frac{1}{310,3}$; $\frac{1}{309,94}$; $\frac{1}{313,7}$ — $\frac{1}{311,32}$

— — Lappländischen $\frac{1}{307,88}$; $\frac{1}{307,55}$; $\frac{1}{309,92}$ — $\frac{1}{308,45}$.

Das Mittel aus allen wäre dann $\frac{1}{310,31}$. Nach einer genauen Revision der Standlinien in Indien und England findet Kater[2] dagegen aus den beiden genauen *Indischen*, den *Französischen*, *Englischen* und *Lappländischen* mit einer geringen Abweichung der einzelnen Resultate im Mittel $\frac{1}{305,32}$, nämlich aus der Vergleichung der drei genannten, unter 9° 34′ 44″ unter 13° 2′ 55″, und unter 16° 34′ 42″ gemessenen Graden mit

dem Französischen $= \frac{1}{304,64}$; $\frac{1}{305,55}$; $\frac{1}{313,77}$ Mittel $\frac{1}{307,99}$

dem Englischen $= \frac{1}{305,57}$; $\frac{1}{306,4}$; $\frac{1}{313,5}$ — $\frac{1}{308,49}$

dem Lappländ. $= \frac{1}{304,44}$; $\frac{1}{305,01}$; $\frac{1}{309,09}$ — $\frac{1}{307,55}$

woraus als Mittel $\frac{1}{307,55}$ folgt. Weil aber die drei letzten Resultate sämmtlich zu klein sind, so wird diese Messung als fehlerhaft betrachtet, und bei der grofsen Uebereinstimmung der übrigen aus diesen das oben genannte Mittel als mit der Wahr-

---

1 Phil. Tr. 1813. I. 27.

2 Ibid. 1821. I. 94.

heit am genauesten übereinstimmend angenommen. Dafs indefs der gelehrte Geometer die Beobachtungen etwas corrigirt habe, um dieses, nach seiner Meinung richtige Resultat herauszubringen, scheint mir nicht zweifelhaft. Walbeck[1] endlich nimmt die *Peruanische*, die *französische*, die *beiden Ostindischen*, die *englische* und *neuere Lappländische* nach der Methode der kleinsten Quadrate in Rechnung, und findet die Länge eines mittleren Grades = 57009,76 Toisen, die Abplattung aber $= \frac{1}{302,78}$.

Es ist im Vorstehenden die Gestalt der Erde und die Gröfse ihrer Abplattung so angegeben, wie sie auf eine einfache Weise aus den Gradmessungen gefunden wird. La Place, v. Lindenau, v. Bohnenberger u. a. haben zugleich noch eine andere Methode gewählt, indem sie die Resultate der Gradmessungen zusammenstellen, dabei eine gewisse wahrscheinliche Abplattung zum Grunde legen, und hieraus bestimmen, wie grofs die begangenen Fehler seyn müssen, wenn alle Messungen mit einer regelmäfsigen Gestalt der Erde übereinstimmen sollen. Auch dieses hier zu zeigen, würde zu weit führen, und es wird daher genügen, nur im Allgemeinen das Resultat anzugeben, wonach die zuverlässigeren Messungen allerdings so genau mit der oben gefundenen Abplattung übereinstimmen, dafs die Abweichungen füglich begangenen Fehlern oder örtlichen Anziehungen des Bleilothes beizumessen sind, und man also nicht gezwungen ist, der Erde eine unregelmäfsige Gestalt beizulegen[2]. Inzwischen scheinen doch die bisherigen Gradmessungen nicht geeignet, die Frage über die Excentricität des elliptischen Erdsphäroid's genügend zu entscheiden. Dieses geht schon aus den grofsen Abweichungen hervor, welche die Zusammenstellungen der einzelnen Gradmessungen zeigen, und wenn sie sich gleich anscheinend zu dem angegebenen mittleren Resultate von $\frac{1}{305}$ vereinigen lassen, so weifs man zugleich sehr wohl, dafs eben diese Gröfse oft aus andern bekannten Gründen gesucht und also auch gefunden wurde.

---

1 Diss. de forma et magnit. Telluris cet. Aboae 1819.

2 Vergl. Walbeck a. a. O. p. 7.

B. Gestalt der Erde nach Längenmessungen.

Es ist wohl ohne Weiteres an sich klar, dafs die Gröfse und Gestalt der Erde eben so gut auch durch Gradmessungen auf verschiedenen Parallelkreisen bestimmbar seyn müfste, wenn diese mit der erforderlichen Genauigkeit angestellt würden. Weil aber hierbei im Allgemeinen die nämlichen Schwierigkeiten zu überwinden sind, als bei den Messungen in den Meridianen, die scharfe Bestimmung des Längenunterschiedes der beiden Endpuncte solcher gemessenen Bogen aber ungleich schwieriger ist[1], als die Bestimmung der Polhöhen bei gemessenen Breitengraden, so läfst sich hiervon noch weniger erwarten.

Die ersten mir bekannten Messungen von Längengraden sind die 1733 und 34 durch Cassini und Maraldi ausgeführten. Sie mafsen den Perpendikel auf dem Meridian von Paris westlich bis an die Grenze des Reiches, und fanden hieraus die Länge eines Grades in diesem Parallel = 36676 Toisen, also 1037 T. kleiner, als er bei der vollkommenen Kugelgestalt der Erde seyn mufste. Eben so wurde auch der östliche Perpendikel bis nach Strafsburg gemessen, und die Länge eines Grades = 37745 Toisen, mithin 680 T. kleiner gefunden, als auf einer Kugel, woraus zwar im Allgemeinen die sphäroidische Gestalt der Erde folgte, allein der Unterschied beider gefundenen Gröfsen läfst schon an sich nicht auf die erforderliche Genauigkeit dieser Messungen schliefsen. Eine dritte Massung dieser Art stellte Cassini 1735 auf der Höhe von Brest an, und fand abermals die Abweichung von der Kugelgestalt bestätigt, allein aus dem hierbei erhaltenen Resultate folgte eine länglichte Form der Erde, welches im Widerspruche mit den beiden früheren der älteren Meinung zur Unterstützung diente[2]. Die genaueste Messung von Längengraden ist vielleicht die im Jahre 1740 von Cassini de Thury und Lacaille vorgenommene. Als Beobachtungspuncte wählten sie den Berg St. Victoire bei Aix und St. Clair bei Cette, und bestimmten den Längenunterschied durch die Beobachtung von Pulversignalen, welche auf dem Thurme Sta. Maria in einem kleinen Dorfe an der Rhone

---

1 Vergl. *Länge, geographische.*

2 Mém. de l'Ac. 1733. p. 389. 1734. p. 434. 1735. p. 403. u. 1736. p. 329.

zwischen beiden Stationen durch Abbrennen von 10 ℔. Pulver gegeben wurden. Den Unterschied der Zeit fanden sie 7′ 33″,25, welches einer Längendifferenz von 1° 53′ 19″ zugehört, den terrestrischen Bogen zwischen beiden Stationen aber bestimmten sie vermittelst 6 Dreiecken und einer Basis von mehr als 9000 Toisen, in der Ebene bei Arles gemessen, zu 78663 Toisen, woraus ein Grad der Länge in dieser Breite = 41358 Toisen gefunden wurde, also 260 Toisen kürzer als auf der Kugel und über 500 T. kürzer, als er nach der Hypothese einer länglichten Gestalt der Erde seyn mufste[1]. Auch die ältere Nachricht über die ausgedehnten Messungen des Major Lambton in Ostindien enthält die Angabe eines unter 12° 32′ 30″ N. B. gemessenen Längengrades[2], dessen Gröfse 57294 Tois. gefunden seyn soll. Weil diese Gröfse aber die aus den Messungen der Breitengrade gefundene um etwa 1000 Tois. übersteigt, so mufs nothwendig irgend ein Fehler obwalten, welcher sie zur Bestimmung der Erdgestalt unbrauchbar macht, auch wird dieselbe in der späteren vollständigen Darstellung dieser bedeutenden Messungen nicht weiter erwähnt[3]. Burrow verband mit seiner eben erwähnten Messung der Breitengrade gleichfalls eine der Längengrade, und fand einen solchen unter 23° 18′ = 52534 Toisen, welches allerdings mit anderweitigen genauen Bestimmungen recht gut übereinstimmt, als Mittel zur Berechnung der Erdgestalt aber der erforderlichen Genauigkeit und Zuverlässigkeit ermangelt.

Erst aus den neuesten Zeiten besitzen wir einige Messungen von Längengraden, welche nicht blofs mehr Vertrauen verdienen, sondern auch zur Bestimmuug der Abplattung benutzt werden können. Mehrere Geometer und Astronomen haben gemeinschaftlich daran gearbeitet, nämlich hauptsächlich der Obrist Brousseaud vom französischen Genie-Corps, welcher die geodätische Messung im Parallel von 45° 43′ 12″ zwischen den Meridianen von Marennes bei Royan und Genf vollendet hat, desgleichen die Astronomen Nicollet und Pictet, wel-

---

1 Cassini: la Méridienne de Paris vérifiée. Par. 1744. Suite des Mém. de l'Ac. 1740.

2 S. Asiatic Researches VIII. Vergl. de Lambre Astronomie théorique et pratique. Par. 1814. 3 Tom. 4. I. 525.

3 S. Phil. Tr. 1818. II.

che für diesen Theil des Ganzen die Längenbestimmungen besorgt haben. An diese Messung schliefst sich der durch PLANA und CARLINI in Italien bis Padua gemessene Bogen an. Der erste, aus vier Theilen bestehende Bogen hat eine Länge von 565052,5 Metres bei einem Unterschiede der Länge von 1741″,51 in Zeit, und giebt die Gröfse eines Längengrades = 77867,25 Metres, also mit dem Meridianbogen zwischen Greenwich und Formentera verglichen eine Abplattung von $\frac{1}{271,31}$. Wird der gemessene Bogen bis zum Meridiane von Mailand verlängert, so erhält der Längengrad 77862,66 Metres, und giebt eine Abplattung von $\frac{1}{275,68}$, und wenn er endlich mit der italienischen Messung von PLANA und CARLINI verbunden und bis Padua ausgedehnt wird, so erhält man die Länge des mittleren Längengrades = 77847 Metres und eine Abplattung von $\frac{1}{292}$. Es ist merkwürdig, dafs hiernach die Abplattung ungleich gröfser erscheint, als sie aus den bei weitem meisten bisherigen Breitenmessungen gefunden ist, zugleich aber ist die Differenz der Resultate, welche bei so sorgfältigen Operationen dennoch zwischen $\frac{1}{271,31}$ und $\frac{1}{292}$ fällt, nicht eben geeignet, das Vertrauen auf diese Arten von Bestimmungen der Abplattung durch einzelne, auf der Oberfläche des Erdsphäroids gemessene Bogen zu befestigen[1].

Um aus gemessenen Parallelen, verglichen mit bekannten Breitengraden, die Abplattung der Erde zu finden, dient folgende Formel von PUISSANT, wonach dieser die angegebene Excentricität gefunden hat[2]. Es bezeichnen φ und ψ die Breitengrade der äufsersten Puncte des verglichenen Meridianbogens A, ferner sey P die Gröfse des im Parallel unter der Breite = H gemessenen Bogens B, endlich e die Excentricität und a der Halbmesser des Aequators, π aber der halbe Umkreis für den Halbmesser = 1; so ist

---

1 S. Puissant in Nouveau Bullet. des Sciences. 1825. Nov. p. 161.

2 Connaissance des Tems. 1827. p. 230.

$$A=(\varphi-\psi)\frac{a\pi}{180}\Big[1-e^2\Big(\frac{1}{4}+\frac{135}{\pi}\cdot\frac{\text{Sin.}(\varphi-\psi)\,\text{Cos.}(\varphi+\psi)}{\varphi-\psi}\Big)\Big]$$
$$-e^4\Big(\frac{3}{64}+\frac{}{4\pi}\cdot\frac{\text{Sin.}(\varphi-\psi)\,\text{Cos.}(\varphi+\psi)}{\varphi-\psi}$$
$$-\frac{675}{32\pi}\cdot\frac{\text{Sin.}2(\varphi-\psi)\,\text{Cos.}2(\varphi+\psi)}{\varphi-\psi}\Big)$$

$$B=\frac{Pa\pi}{180}\,\text{Cos.}H(1+\tfrac{1}{2}\,e^2\,\text{Sin.}^2H+\tfrac{3}{8}\,e^4\,\text{Sin.}^4H+\ldots)$$

In beiden Formeln kann das zur vierten Potenz von e gehörige Glied füglich weggelassen werden. Dividirt man beide durch einander, und eliminirt auf diese Weise a, so findet man

$$e^2=\frac{B(\varphi-\psi)-AP\,\text{Cos.}H}{B(\varphi-\psi)\Big[\frac{1}{4}+\frac{135}{\pi}\cdot\frac{\text{Sin.}(\varphi-\psi)\,\text{Cos.}(\varphi-\psi)}{\varphi-\psi}\Big]+\frac{1}{2}AP\,\text{Cos.}H\text{Sin.}^2H.}$$

C. Gestalt der Erde nach Pendelschwingungen.

Ein weit leichteres, und wie sich im Verfolge der Untersuchung ergeben wird, ein weit sichereres Mittel zur Bestimmung nicht sowohl der absoluten Gröfse (welche nothwendig durch irgend eine Art directer Messung gefunden werden mufs) als vielmehr der Gestalt der Erde, oder noch genauer des Axenverhältnisses derselben unter der Voraussetzung einer elliptisch sphäroidischen Gestalt derselben, sind Pendelschwingungen. Auf den ersten Blick scheint es dem Unkundigen zwar unmöglich, dafs aus den Oscillationen eines Pendels, d. h. irgend eines schweren, an einem Faden aufgehangenen, Körpers das Verhältnifs der Erdaxe zu ihrem äquatorischen Durchmesser bestimmbar seyn soll, allein dieses einfache Mittel, wodurch sich die Herrschaft des menschlichen Verstandes über die Gesetze der Natur auf eine interessante Weise legitimirt hat, läfst sich gar leicht vorstellbar machen. Jeder schwere Körper folgt nämlich der Anziehung, welche jedes einzelne materielle Theilchen der Erde gegen ihn ausübt, und äufsert hiernach das Bestreben zu fallen. Wird er daher an einen Faden gebunden, so mufs er die mittlere Richtung gegen die Erde erhalten, in welche die Summe aller dieser Kräfte ihn zieht, und in diese nämliche Richtung wieder herabsinken, wenn man ihn in ir-

gend einen Elongationswinkel mit dieser Richtung bringt, oder er wird vermöge des Gesetzes der Trägheit oscilliren, bis die Hindernisse dieser seiner oscillatorischen Bewegung den Zustand der Ruhe wieder herstellen. Die hiernach stattfindendenden Schwingungen geschehen, nach den Gesetzen des Fallens, und das Fallen selbst wird erzeugt durch die Schwere oder die Anziehung, welche die Erde gegen ihn ausübt. Wäre nun die Erde eine vollkommene Kugel, so würde die Anziehung, mithin auch die Geschwindigkeit des Fallens und somit auch die Zeit einer Schwingung überall gleich seyn. Ist aber die Erde ein regelmäfsig gebildeter Körper von anderer Gestalt, so werden diese sämmtlichen Bedingungen und diesemnach auch ihre Wirkung eine Abänderung erleiden; namentlich werden bei einer regelmäfsigen elliptisch sphäroidischen Form derselben die Anziehungen und Fallhöhen unter dem Aequator am geringsten, unter den Polen am gröfsten seyn. Weil aber endlich die Pendelschwingungen so viel zahlreicher in einer gegebenen Zeit sind, je stärker die Wirkung der Anziehung ist, und so viel geringer, je länger das Pendel ist, so kann aus der zunehmenden Zahl der Schwingungen oder der gröfseren Länge der gebrauchten Pendel die Vermehrung der Schwere nach den Polen hin, und hierdurch das Verhältnifs der Erdaxen oder die Abplattung oder die Excentricität des Erdellipsoids gefunden werden. Auf welche Weise dieses mit Genauigkeit geschieht, wird weiter unten gezeigt werden.

Pendelbeobachtungen für den angegebenen Zweck sind viel später angestellt, als Gradmessungen ausgeführt wurden, allein da die Versuche dieser Art wo möglich noch feiner sind, als die geodätischen Messungen, begangene Fehler aber wegen des Schlusses von kleinen gemessenen Gröfsen auf ungleich gröfsere leicht bedeutende Unrichtigkeiten herbeiführen, so sind einige der durch dieses Mittel erhaltenen Bestimmungen wo möglich noch abweichender, als diejenigen, welche aus den Gradmessungen gefunden wurden. Für den vorliegenden Zweck sind daher eigentlich nur die Resultate der neuesten Beobachtungen brauchbar, welche indefs eben so genau unter sich übereinstimmen, als eine bisher unerwartet grofse Abplattung geben.

Dafs die Pendel unter niederen Breiten verkürzt werden müsse, um in gleichen Zeiten zu schwingen als in höheren

äufserte zuerst Picard[1], und zur Prüfung dieser Muthmafsung erhielt Richer zu Cayenne unter etwa 5° N. B. den Auftrag, Beobachtungen hierüber zu machen. Er mufste sein Pendel um 1,25 Lin. verkürzen, und in Paris um ebensoviel wieder verlängern[2]. Aehnliche Erfahrungen machten Varin und Deshayes an der africanischen Küste[3], allein ihre Beobachtungen selbst sind für den vorliegenden Zweck viel zu ungenau. Die ersten Beobachtungen, welche man zur Bestimmung der Pendellänge unter verschiedenen Breiten benutzte, sind die durch Bouguer unter dem Aequator und in 9° 32′ 56″,4 angestellten, worauf dann mehrere Gelehrte nachfolgten, und an anderen verschiedenen Orten unter höheren Breiten die Pendellängen mafsen. Als Grundlage zur Bestimmung der Abplattung pflegte man bisher meistens diejenigen Pendellängen zu benuzzen, welche La Place[4] aus den Beobachtungen entnommen, auf das Niveau des Meeres und den luftleeren Raum reducirt, nach der Temperatur corrigirt und zur Bestimmung der Abplattung berechnet hat. Folgende sind die Beobachter nebst den Beobachtungsorten, den Breitengraden derselben und den corrigirten Pendellängen, die durch Bouguer in Paris gefundene als Einheit angenommen.

Bouguer;	Aequator	—	00°	00′	00″,0	— 0,99669
— —;	Porto bello	—	9	32	56,4	— 0,99689
Legentil;	Pondichery	—	11	55	30,0	— 0,99710
Campbel;	Jamaica	—	18	00	00,0	— 0,99745
Bouguer;	Goava	—	18	27	00,0	— 0,99828
Lacaille;	Cap	—	33	55	15,6	— 0,99877
Darquier;	Toulouse	—	43	35	45,6	— 0,99950
Liesganig;	Wien	—	48	12	46,8	— 0,99987
Bouguer;	Paris	—	48	50	2,4	— 1,00000
v. Zach;	Gotha	—	50	58	1,2	— 1,00006
Graham;	London	—	51	29	52,8	— 1,00018
Grischow;	Arensberg	—	58	14	52,8	— 1,00074
Mallet;	Petersburg	—	59	56	24,0	— 1,00101
Maupertuis;	Pello	—	66	47	52,8	— 1,00137
Mallet;	Ponoi	—	67	4	37,2	— 1,00148

1 Mésure de la Terre. Par. 1671. 8. art. 4.

2 Observations astronomiques et physiques faites à Cayenne. Par. 1670. fol.

3 S. oben.

4 Méc. cél. L. III. c. V. §. 42.

Neun Beobachtungen von diesen wurden mit einfachen Pendeln, nämlich einem schweren Körper (Platinkugel) an einem Faden hängend, dessen oberes Ende von einer Zwickzange festgehalten wurde, angestellt, die übrigen sechs, nämlich die zu Jamaica, London, Arensberg, Petersburg, Pello und Ponoi aus dem Gange dorthin gebrachter Uhren berechnet. Aus der Vergleichung aller findet La Place die Abplattung $= \frac{1}{335,78}$.

Weil dieses Resultat sehr nahe mit demjenigen übereinstimmt, welches man aus der Vergleichung der grofsen französischen Gradmessung mit der Peruanischen gefunden und der Bestimmung der Länge des Meters zum Grunde gelegt hatte, so begnügte man sich anfangs damit. Bald nachher aber, als die später zu erwähnenden Mittel zur Auffindung der Abplattung des Erdsphäroids zeigten, dafs diese gefundene Gröfse zu geringe sey, zeigten sich bei genauerer Prüfung die Mängel der benutzten Pendellängenbestimmungen, und weil die aus Vermuthungen geschlossenen Correctionen die Sache zweifelhaft liefsen[1], so wurde bei den Gelehrten das Verlangen stets reger, genauere Messungen der Pendellängen zu erhalten, um das so lange und oft versuchte Problem der Bestimmung der eigentlichen Erdgestalt endlich mit gröfserer Gewifsheit gelöset zu sehen. Schliefsen wir vor der Hand die allerdings schätzbaren aber nicht fortgesetzten Versuche der Spanier aus, so waren es hauptsächlich nur zwei Nationen, welche sich dieses hohe Verdienst um die Wissenschaft mit grofsem Aufwande von Mühe und Kosten erwarben, nämlich die *Franzosen* und *Engländer*, und zwar gingen jene auch diesesmal hierin voran, wurden aber hinsichtlich der Ausdehnung der Bemühungen von diesen nach den bis jetzt bekannten Resultaten noch übertroffen. Schon bei der Ausrüstung der Entdeckungsreise unter La Peyrouse wurden diesem auf Veranlassung der Pariser Akademie der Wissenschaften die erforderlichen Apparate mitgegeben, um mit den nämlichen Pendeln an Orten von verschiedener geographischer Breite die Länge des Secundenpendels zu bestimmen, und hierdurch mehr Richtigkeit und Uebereinstimmung in die gefundenen Gröfsen

---

1 v. Lindenau in Cor. astron. par le Baron de Zach. 1. cah. 2. findet aus den Pendellängen die Abplattung $= \frac{1}{315,269}$.

zu bringen. Die verunglückte Expedition gab in dieser Hinsicht keine Ausbeute, und der Mangel einer frei thätigen Seemacht nebst beschränkter Schifffahrt hinderte den guten Willen der eifrigen französischen Gelehrten. Unterdefs suchten Biot, Arago, Chaix, Mathieu und Bouvard die Pendellängen an den Hauptorten in dem durch ganz Frankreich gemessenen Meridiane zu bestimmen, und setzten diese Operationen, namentlich Biot, durch England bis zur Insel Unst fort. Sie fingen 1807 damit in Formentera an, und das ganze weitläuftige Unternehmen wurde erst 1817 beendigt, während welcher Zeit die Beobachtungen oft unterbrochen wurden[1]. Die Kenntnifs dieser Operationen und insbesondere das auffallend abweichende Resultat, welches die englische Gradmessung zur Bestimmung der Erdgestalt gegeben hatte, bewog die Engländer zu dem Wunsche, ihre übrigens mit so grofser Genauigkeit ausgeführten geodätischen Messungen zu controliren. Davies Gilbert brachte den Gegenstand im Parlamente in Anregung, man wandte sich 1816 an den damaligen Prinz Regenten, und Captain Kater erhielt den Auftrag zur Ausführung. Dieser bestimmte die Pendellängen an den Hauptorten der geodätischen Messung, zuvor aber die absolute Länge des Secundenpendels in London mit der gröfsten Schärfe, und führte insbesondere den Gebrauch der *unveränderlichen Pendel* allgemeiner ein, welche in London sämmtlich auf gleiche Weise verfertigt, mit dem von ihm gebrauchten verglichen, dann sorgfältig eingepackt und versandt werden können, so dafs man hiernach ein sicheres Mittel besitzt, die gehörig corrigirten Pendelschwingungen an den entlegensten Orten mit einander zu vergleichen, und dabei auf der einen Seite weder Fehler in der Messung der Länge des jedesmal gebrauchten Pendels, noch auch solche zu fürchten hat, welche aus einer Beschädigung desselben hervorgehen könnten, indem sie nach der Zurücksendung abermals an dem ursprünglichen Hauptbeobachtungsorte verglichen werden.

---

1 Die erste Reihe von Beobachtungen zu Formentera, Figeac, Bourdeaux, Clermont, Paris und Dünkirchen unter sich verglichen, und nach der unten angegebenen Methode berechnet giebt die Abplattung $= \frac{1}{297,7}$ nach Biot Astron. III. 169. Es scheint fast, als hätte dieser Gelehrte später sich absichtlich bemühet, aus allen Beobachtungen die durch La Place bestimmte Abplattung zu finden.

Aufser den Beobachtungen, welche KATER selbst mit solchen Pendeln anstellte, wurden daher noch einzelne in niederen Breiten gemacht, und noch wichtiger war es wohl, dafs Capt. SABINE solche Pendel bei einer der neuesten Nordpolarexpeditionen mitnahm, um unter sehr hohen nördlichen Breiten die Längen des Secundenpendels zu messen, und hieraus mit gröfserer Sicherheit die Abplattung der Erde zu finden. Inzwischen ergab sich insbesondere aus den in England angestellten Beobachtungen, wie nicht minder aus den oben erwähnten französischen und einer Vergleichung derselben sowohl unter sich als auch mit einander, dafs das Pendel auf eine unerwartet bedeutende Weise durch Localanziehungen afficirt werde, und sowohl die englischen als auch die französischen Gelehrten kamen daher in der Ueberzeugung überein, dafs auf einen verhältnifsmäfsig so kleinen Theil des Meridians beschränkte Versuche die Abplattung des Erdsphäroids nicht mit der erforderlichen Sicherheit geben würden. Hieraus entstand bei beiden Nationen der Wunsch, diese Messungen auf noch entferntere Gegenden auszudehnen. Die Franzosen richteten dabei ihr Augenmerk hauptsächlich zugleich auf die Entscheidung der Frage, ob die beiden Hälften der Erdkugel, die südliche und die nördliche, eine wesentlich verschiedene Gestalt hätten, wie man in Gemäfsheit der Capischen Gradmessung durch LA CAILLE so lange angenommen hat, und es war daher eine Hauptaufgabe der Entdeckungsreisen von FREYCINET und DUPERREY, diesen Gegenstand durch Pendelversuche an mehreren Orten auf der südlichen Halbkugel mit Sicherheit auszumitteln. Directer zur Erreichung des vorliegenden Hauptzweckes führte die Expedition, wozu sich die Engländer entschlossen. Es wurde nämlich der Capt. SABINE auf einem eigends hierzu ausgerüsteten Kriegsschiffe im Jahre 1822 abgesandt, um unter dem Aequator und in der Nähe desselben die Länge des einfachen Secundenpendels zu messen, und als er sich bei diesen Operationen abermals von der beträchtlichen Localeinwirkung der Beobachtungsorte überzeugte, woraus also die Nothwendigkeit hervorging, die hieraus entspringenden Fehler durch die Ausdehnung der Messungen über einen gröfseren Bogen unschädlicher zu machen, so bat er schon in Voraus um die Ausrüstung einer zweiten Expedition nach dem hohen Norden, und fand daher bei seiner Rückkunft alles dazu vorbereitet, um auf einem der Schiffe,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

welche für PARRY zu der Nordpolarexpedition eigends eingerichtet waren, dem Griper, abzusegeln, und die Beobachtungen an den Küsten von Norwegen, Grönland und Spitzbergen fortzusetzen. Leider verstattete die Zeit nicht, die Versuche auch auf Island anzustellen, welche Insel nicht sowohl wegen ihrer nördlichen Lage als hauptsächlich wegen der Beschaffenheit ihres Bodens über verschiedene wichtige Fragen durch solche Beobachtungen Aufschlufs geben würde. Die Resultate aller dieser höchst schätzbaren Versuche, welche nur durch den Aufwand grofser, die Wissenschaften ernstlich befördernder, Staaten möglich werden, und ihnen daher zum unvergänglichen Ruhme gereichen, sind in den folgenden Zusammenstellungen so weit benutzt, als bis jetzt das Publicum davon in Kenntnifs gesetzt ist[1]. Zuvor ist indefs zur richtigen Beurtheilung der ganzen Sache noch Folgendes zu berücksichtigen.

1. Die individuelle Beschaffenheit der Pendel, deren man sich zu diesen Bestimmungen bedient, ist eigentlich ganz gleichgültig, nothwendige Bedingung dabei ist aber, dafs sie sich während der Dauer der Beobachtung auf keine Weise ändern. Inzwischen bringt es die Wichtigkeit der Aufgabe und die Feinheit der Versuche von selbst mit sich, dafs man nur äufserst sorgfaltig gearbeitete Instrumente hierzu gebrauchen kann. Aufserdem aber müfsten die Messungen eigentlich mit einem mathematischen, im luftleeren Raume schwingenden Pendel vorgenommen werden, und da es ein solches nicht giebt, so erfordert das wirklich gebrauchte physische Pendel gar viele Correctionen, um dieses auf jenes zu reduciren. Sowohl die Construction solcher Pendel im Allgemeinen, als auch die erforderlichen

1 Die literärischen Nachweisungen dieser kurzen geschichtlichen Uebersicht finden sich unten bei den einzelnen Angaben. Folgende ältere Pendelmessungen, welche von mir nicht benutzt sind, mögen zu einer künftigen Vergleichung hier nur historisch erwähnt werden. Nach STEPH. RUMOVSKI war die Länge eines aus Paris nach *Petersburg* gebrachten Pendels = 440,55 Lin. Nach diesem aus den Schwingungen gemessen war die Länge desselben zu *Kola* unter 63° 52′ 30″ = 441,34; zu *Archangepolis* unter 64° 33′ = 441,15 Par. Lin. Nach demselben Mafse ausgedrückt soll das Pendel in *Pello* = 441,17; in *Ponoi* 441,22; in *Petersburg* 441,02 seyn. S. Nov. Com. Pet. XVI. 567. HENRY findet die Länge des einfachen Secundenpendels in *Petersburg* = 441,08 Par. Lin. S. Nov. Act. Pet. XI. 524. Noch andere S. ebend. VII. 215.

Correctionen gehören unter den Artikel *Pendel*, die in der Folge vorkommenden, und zur Berechnung benutzten Angaben sind aber die schon corrigirten.

2. Zur Bestimmung der Excentricität der Erdmeridiane ist eigentlich erforderlich, die Pendellängen an den verschiedenen Beobachtungsorten zu kennen. Hiernach ist also die absolute Länge desjenigen Pendels, worauf man die gesammten gemessenen Längen bezieht, ganz gleichgültig, allein wegen leichterer Uebersicht und bequemerer Messung wählt man in der Regel das Secundenpendel, und zwar entweder dasjenige, welches Secunden nach mittlerer Sonnenzeit oder nach Sternenzeit schwingt. Die Messung der absoluten Länge eines solchen Pendels ist indefs höchst schwierig, und ebenso ist es nicht blofs schwer, sondern auch sehr zeitraubend, ein solches genaues Secundenpendel an den verschiedenen Stationen herzustellen. Man wählt daher einen weit kürzeren und leichteren, obendrein aber noch sicherern Weg, indem man nur für einen einzigen Normalort die absolute Länge des Secundenpendels bestimmt, und für die übrigen Beobachtungspuncte die Längen aus den Schwingungen selbst bestimmt. In dieser Hinsicht genügt es nur im Allgemeinen zu bemerken, dafs nach der Theorie des Pendels, wenn die Länge des einen, welches n Schwingungen in einer gegebenen Zeit macht, $= l$ ist, die Länge eines andern, welches n′ Schwingungen in der nämlichen Zeit vollendet, $l' = l \frac{n'^2}{n^2}$ ist[1].

3. Die Zahl der Schwingungen eines Pendels in einer gegebenen Zeit, wozu meistens ein ganzer Tag genommen wird, kann nur dann mit Genauigkeit gefunden werden, wenn man dasselbe eine längere Zeit beobachtet. Weil aber eine solche anhaltende Zählung der Oscillationen eben so mühsam als wegen des möglichen Verzählens leicht unsicher seyn würde, so hat man ein einfacheres und völlig sicheres Mittel gewählt, indem man die Linse des schwingenden Pendels und die einer richtig gehenden Uhr zugleich beobachtet, und blofs ihre Coincidenzen, in einer gewissen Zeit bemerkt, woraus dann die gesammte Zahl der Schwingungen berechnet werden können, wie gleichfalls unter dem Artikel *Pendel* gezeigt werden wird.

1 Vergl. *Pendel*.

Eine andere, von FREYCINET angewandte Methode des Zählens ist unten beschrieben.

4. Man könnte sich zur Messung überhaupt eines gewöhnlichen Uhrpendels bedienen. Allein weil dieses bei jeder Oscillation einen kleinen Impuls durch den Mechanismus der Uhr erhält, damit es nicht still steht, dieser aber auf seinen Gang einigen Einfluſs hat, so bedient man sich eines solchen zunächst nur zur Controle und zum Zählen der Schwingungen des freien Pendels.

5. Daſs die geographische Breite des Beobachtungsortes zugleich genau bestimmt werden müsse, versteht sich wohl von selbst, und darf nur beiläufig erwähnt werden. Aufserdem aber haben eben die neuesten Versuche dargethan, daſs die *geognostische Beschaffenheit der Beobachtungsörter* von weit gröſserem Einflusse durch die örtliche Anziehung sey, als man früher voraussetzte.

6. Bei der Berechnung der Abplattung aus den an verschiedenen Orten gemessenen Pendellängen ist Folgendes zu berücksichtigen. Es ergiebt sich zuvörderst aus den in der Folge zu erörternden Gründen, daſs die Erde, wenn man sie als ursprünglich flüssig betrachtet, bei ihrer Rotation eine ellipsoidische Gestalt annehmen muſste, um in den Zustand des Gleichgewichts aller ihrer gesammten Schichtungen zu kommen. Wird also diese Form und die Bedingung einer überall gleichen Dichtigkeit vorausgesetzt, so verhalten sich die Schweren in verschiedenen Puncten eines Meridians (oder verschiedener Meridiane bei gleichen Breiten und unter der Bedingung einer gleichmäſsigen Krümmung aller Meridiane) wie die Normallinien der elliptischen Bogen, die Cubi der Normallinien aber wie die Krümmungskreise, oder bei der Kleinheit der Bogen wie die Meridiangrade, die Pendellängen aber verhalten sich wie die Schweren, und somit müssen sich die Würfel der Pendellängen wie die Meridiangrade verhalten[1]. Man kann sich also der oben angegebenen *Maupertuis'schen Formel* zur Berechnung der Abplattung aus den Pendellängen bedienen. Sind also die gemessenen Pendellängen L und l die zugehörigen Breitengrade φ und ψ, so ist wie oben

---

1 BOHNENBERGER Astronomie S. 639.

$$d = \frac{L^3 - l^3}{3(L^3 \text{ Sin.}^2\varphi - l^3 \text{ Sin.}^2\psi)}.$$

Diese Formel ist indefs nicht bequem, und giebt aufserdem die Abplattung nicht unmittelbar, weil die Bedingungen derselben bei der Erde nicht statt finden. Ungleich leichter findet man das gesuchte Resultat auf folgende Weise. Aus Gründen, welche in der Folge entwickelt werden, nimmt man an, dafs der Halbmesser des Aequators sich zur halben Axe verhält, wie die Schwere unter dem Pole zur Schwere unter dem Aequator, oder wie die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Pole zur Länge desselben unter dem Aequator. Es ergiebt sich ferner aus den Gesetzen der Schwere in Verbindung mit denen der Schwungkraft, dafs die Schwere vom Aequator nach den Polen der Quadraten des Sinus der Breite proportional zunimmt[1], und dieser Zunahme mufs daher auch die der Pendellängen gleich seyn. Mit diesen Hülfsmitteln läfst sich also aus zwei unter verschiedenen Breiten gemessenen Pendellängen die absolute Pendellänge unter dem Aequator und unter dem Pole, desgleichen der Unterschied beider, und somit das Verhältnifs der Erdaxen finden. Heifst diesemnach die Pendellänge unter dem Aequator x, die Zunahme derselben unter dem Pole y, sind ferner die unter den Breiten φ und ψ gemessenen Pendellängen l und L, so ist

$$l = x + y \text{ Sin.}^2\varphi$$
$$L = x + y \text{ Sin.}^2\psi$$

also $y = \frac{L - l}{\text{Sin. } (\psi + \varphi) \text{ Sin. } (\psi - \varphi)}$.

Ist hierdurch y bestimmt, so kann aus jeder Gleichung auch x gefunden werden, und aus diesen beiden Gröfsen würde die Abplattung unmittelbar $= \frac{x + y - x}{x}$ oder $\frac{y}{x}$ seyn, wenn die Bedingung einer gleichmäfsigen Dichtigkeit der einzelnen Schichtungen des Erdellipsoid's statt fände. Diese widerstreitet indefs schon dem grofsen Drucke, welchen die unteren Schichten nothwendig erleiden müssen. Inzwischen hat Clairaut durch scharfsinnige Combinationen das merkwürdige, durch spätere Forschungen vielfach bestätigte Theorem aufgestellt, *dafs die Zunahme der Schwere am Pole nebst der Excentricität gleich*

1 S. *Schwere* No. 8.

ist dem zwei und einhalbfachen des Verhältnisses der Schwungkraft unter dem Aequator zur Schwere, wenn man annimmt, dafs ein um seine Axe rotirendes elliptisches Sphäroid aus Schichten von ungleicher, von der Oberfläche nach dem Centrum zunehmender Dichtigkeit bestehend, in den Zustand des Gleichgewichts seiner Theile kommen soll. Heifst also die Excentricität des Erdellipsoids e, das Verhältnifs der Schwungkraft unter dem Aequator zur Schwere k, so ist

$$\frac{y}{x} + e = 2{,}5\,k$$

$$\text{also } e = 2{,}5\,k - \frac{y}{x}$$

wonach die Abplattung aus den gefundenen Pendellängen berechnet zu werden pflegt[1].

Es sind oben die spanischen Messungen erwähnt, welche unter die frühesten und umfassendsten gehörend hier der Vollständigkeit wegen nicht übergangen werden dürfen, obgleich sie zu keinem genügenden Resultate führen, und daher von denjenigen auszuschliefsen sind, welche zur Entscheidung der vorliegenden Frage dienen können. Das spanische Gouvernement gab nämlich dem Commandanten der beiden Fregatten Descubierta und Atrevida, dem Alexander Malaspina, ein unveränderliches Pendel mit, bestehend aus einer in Oel getränkten fichtenen Stange mit einer messingenen Linse, womit dieser in den Jahren 1789 bis 1794 zusammen an 16 Puncten vom 51° 21′ S. B. bis 59° 30′ N. B. die Schwingungen zählte. Die erhaltenen Gröfsen wurden nachher durch Ciscar[2] berechnet, allein er verglich dieselben zunächst mit demjenigen Resultate, welches La Place aus den oben mitgetheilten 15 Messungen erhielt, wonach die Abplattung zwischen $\frac{1}{321}$ und $\frac{1}{336}$ fällt. Eine Zusammenstellung einzelner Messungen gab ihm bedeutend abweichende Resultate, nämlich aus denen von Mulgrave und Nutka erhielt er die Abplattung $= \frac{1}{310}$; von Mulgrave, Nutka,

1 Mehreres hierüber s. unten D. Ausführlich wird dieser Gegenstand ferner behandelt durch Puissant a. a. O. II. 290, und mehrere Geometer.

2 Mon. Cor. XXV. 467.

Montery und Cadix $= \frac{1}{285}$; von Puerto Egmont und Helena $= \frac{1}{323}$; von diesen, Conception, Monte Video und Port Jackson $\frac{1}{318}$.

Indefs haben sich v. Lindenau[1] und Mathieu die Mühe genommen, die Originalbeobachtungen so gut als es bei den unbestimmten Angaben möglich war zu corrigiren, insbesondere rücksichtlich des Einflusses der Feuchtigkeit auf die Pendelstange[2], und die so verbesserten Werthe nach der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen. Die blofse Angabe der Beobachtungsörter erregt lebhaftes Bedauern, dafs die Versuche selbst nicht mit gröfserer Genauigkeit angestellt wurden, weil sie sonst rücksichtlich ihrer Ausdehnung über die südliche Halbkugel vorzugsweise geeignet wären, die streitige Frage zur Entscheidung zu bringen, und auf allen Fall die Regelmäfsigkeit der Gestalt beider Halbkugeln darzuthun. Auf der nördlichen Halbkugel nämlich wurden die Schwingungen des Secundenpendels gemessen zu *Mulgrave*, *Nutka*, *Monterey*, *Cadix*, *Macao*, *Acapulco*, *Manilla*, *Umatag*, *Zamboanga*, und unter dem *Aequator*, welche nach der Berechnung von Mathieu die Abplattung $= \frac{1}{323,2}$ geben. Auf der südlichen Halbkugel dagegen geschah dieses unter dem Aequator, in *Lima*, auf der Insel *Babao*, zu *Port Jackson*, *Monte-Video*, *Conception*, *Port St. Helena*, *Port Egmont*, und diese gaben[3] die Abplattung $= \frac{1}{311,5}$. Dafs es zulässig seyn sollte, von dieser Verschiedenheit einen Schlufs auf die Ungleichheit der Gestalt beider Erdhälften herzunehmen, wird durch dasjenige widerlegt, was in der Folge hierüber vorkommt.

---

1 Ebend.

2 Die neuesten Versuche von Freycinet ergeben, dafs eine hölzerne Pendelstange für dergleichen feine Messungen unbrauchbar sey. S. unten.

3 Gleichfalls nach Mathieu. Sehr nahe übereinstimmend findet v. Lindenau für jenes $\frac{1}{324,6}$, für dieses $\frac{1}{310,6}$.

a) Unter den genaueren, zur Entscheidung über die Excentricität des elliptischen Erdsphäroid's allerdings geeigneten Beobachtungsreihen steht die neuere französische billig voran. Nehmen wir zuerst blofs die in Frankreich selbst angestellten so, wie sie durch MATHIEU berechnet sind[1], so geben diese folgende Werthe.

Oerter	Breiten	gemessene Pendel	verbesserte Pendel	Beobachter
		m	m	
Formentera	38° 39′ 56″	0,74120612	0,7412527	BIOT; ARAGO; CHAIX
Figeac	44 36 45	0,74157308	0,7416243	BIOT; MATHIEU
Bourdeaux	44 50 25	0,74161515	0,7416151	dieselben
Clermont	45 46 48	0,74162111	0,7417157	dieselben
Paris	48 50 14	0,74191167	0,7419303	dieselben; BOUVARD
Dünkirchen	51 2 8	0,74208649	0,7420865	BIOT; MATHIEU.

Sie geben folgende Gleichungen

$$\begin{aligned}
&0{,}7412527 - x - y.\,0{,}3903417 = D^1\\
&0{,}7416243 - x - y.\,0{,}4932370 = D^2\\
&0{,}7416151 - x - y.\,0{,}4972122 = D^3\\
&0{,}7417157 - x - y.\,0{,}5136117 = D^4\\
&0{,}7419303 - x - y.\,0{,}5667721 = D^5\\
&0{,}7420865 - x - y.\,0{,}6045628 = D^6\\
\hline
&0{,}7417041 - x - y.\,0{,}51095625 = 0
\end{aligned}$$

Hieraus wird die zweite Reihe der Bedingungsgleichungen erhalten:

$$\begin{aligned}
&0{,}2893418390 - x.\,0{,}3903417 - y.\,0{,}1523666428\\
&0{,}3657965449 - x.\,0{,}4932370 - y.\,0{,}2432827382\\
&0{,}3687400754 - x.\,0{,}4972122 - y.\,0{,}2472199718\\
&0{,}3809538616 - x.\,0{,}5136117 - y.\,0{,}2637969784\\
&0{,}4205053942 - x.\,0{,}5667721 - y.\,0{,}3212306133\\
&0{,}4486378923 - x.\,0{,}6045628 - y.\,0{,}3654961791\\
\hline
&0{,}3789959345 - x.\,0{,}51095625 - y.\,0{,}2655655206 = 0
\end{aligned}$$

1 Con. des Tems. 1816 p. 330. Ich nehme diese so viel lieber auf, weil dadurch auch metrische Gröfsen unter den berechneten Längen sich finden.

Hieraus erhält man

$$x.\ 0{,}0044892312 - 0{,}0033206939 = 0,$$

woraus

$$x = 0{,}7397021343;\ y = 0{,}0039180769,$$

die Abplattung aber

$$0{,}00865 - \frac{y}{x} = 0{,}0033532 = \frac{1}{298{,}2}$$

gefunden wird. Die Gröfse dieses gefundenen Werthes fiel Mathieu auf, weil sie diejenige bei weitem übertrifft, welche man aus der Summe der astronomischen und geodätischen Bestimmungsmittel gefunden hatte. Läfst man indefs die Beobachtung von *Figeac* weg, welche offenbar fehlerhaft seyn mufs, weil sie mit der folgenden zu *Bourdeaux* verglichen eine negative Abplattung giebt, so kommt die dann aus den fünf übrigen Messungen gefundene demjenigen Resultate noch näher, welches wir nach späteren genauen Bestimmungen als das richtigere ansehen müssen. Man erhält nämlich alsdann aus den fünf übrigen Angaben die beiden Bedingungsgleichungen:

$$0{,}74172006 - x - y.\,0{,}5145001 = 0$$

und

$$0{,}3816358125 - x.\,0{,}5145001 - y.\,0{,}27002207708,$$

aus welchen

$$x = 0{,}7397274 \text{ und } y = 0{,}003873$$

gefunden wird, wonach

$$0{,}00865 - \frac{y}{x} = 0{,}003414287 = \frac{1}{292{,}89}$$

die Abplattung ist.

Biot setzte die Beobachtungen nachher allein bis über Frankreich hinaus fort, verglich das gebrauchte Pendel mit demjenigen, dessen sich Kater bedient hatte, und vermehrte die erhaltenen Bestimmungen noch durch zwei, welche er zu *Fort Leith* und am äufsersten Ende auf der schottländischen Insel *Unst* erhielt. Hierdurch wurde der zur Bestimmung dienende Theil des Meridians bedeutend gröfser, die Zahl der durch Messung erhaltenen Pendellängen wurde aber nur um zwei vermehrt, so dafs also die ganze Summe derselben acht beträgt. Biot befolgt bei ihrer Berechnung folgende Methode[1]. Dieje-

1 Recueil d'Observations géodésiques, astronomiques et physiques, exécutées par ordre du bureau des Longitudes de France, en

nigen Beobachtungen, welche auf kleinen Inseln von gleicher geognostischer Beschaffenheit gemacht waren, und bei dem Mangel örtlicher Anziehung den längsten Bogen umfafsten, zu *Formentera* und *Unst*, dienen ihm als Grundlage zur Bestimmung von y. Bei den Beobachtungen wurde ein Centesimal-Pendel (welches 100000 Schwingungen in einem Tage vollendet) gebraucht, und hierfür findet er die auf die Meeresfläche und den leeren Raum reducirte Länge in Millimetern

$$x = 739{,}704212 \text{ und } y = 3{,}965212.$$

Es ist dann $\frac{y}{x} = 0{,}005360536$

und indem er $k = \frac{1}{289{,}017} = 0{,}00346$ annimmt, so ist

$\frac{5}{2} k = 0{,}00865$, mithin ist

$$e = 0{,}00865 - 0{,}005360536 = 0{,}003289464 = \frac{1}{304}.$$

Man erwartet, dafs mit diesem Resultate die übrigen verglichen seyn sollten, allein Biot unterläfst dieses, und weil La Place aus der Vereinigung aller verschiedenen Bestimmungsmittel der Abplattung diese $= 0{,}00326$ oder $\frac{1}{306{,}75}$ gefunden hat, welchem Werthe sich der aus den beiden Pendelbeobachtungen berechnete allerdings sehr nähert, so substituirt er diese Bestimmung La Place's in die Formel, und vergleicht hiermit die gesammten beobachteten Pendellängen. Wird also dieser Werth von e substituirt, so ist

$$0{,}00865 - \frac{y}{x} = 0{,}00326$$

woraus $y = x.\ 0{,}00539$, also $l = x\,(1 + 0{,}00539\ \text{Sin.}^2\varphi)$ wird, den Werth von x giebt dann die Beobachtung von *Unst*, und sonach ist in Millimetern

$$x = 739{,}687686;\ y = 3{,}9683917,$$

mithin $l = 739{,}687686 + 3{,}9863917\ \text{Sin.}^2\varphi$. Eine Zusammenstellung der hiernach berechneten und der durch Beobachtung gefundenen Längen giebt folgende Uebersicht.

Espagne, en France, en Angleterre et en Écosse cet. redigé par M. M. Biot et Arago. Par. 1821. 4. p. 573.

Beobachtungs-Ort.	Breiten	Länge des Dec. Sec. Pendels		Unterschied
		beobachtet	berechnet	
Unst	60° 45′ 25″	742,723136	742,723136	′0,000000
Fort Leith	55 58 37	742,426416	742,413435	+0,012981
Dünkirchen	51 2 10	742,098066	742,077030	+0,021036
Paris	48 50 14	741,947360	741,917490	+0,029870
Clermont	45 46 48	741,735412	741,705180	+0,030232
Bordeaux	44 50 26	741,670048	741,608720	+0,061328
Figeac	44 36 45	741,654181	741,612280	+0,041900
Formentera	38 39 56	741,243950	741,252000	−0,008050

Es ergiebt sich aus dieser Zusammenstellung, da alle Differenzen, bis auf eine noch, positiv sind, dafs die Beobachtungen weit besser zu der anfangs berechneten als zu der nachher substituirten Abplattung passen, allein weil man früher dieselbe stets geringer gefunden hatte, so schien sie zu grofs, und es lag also hauptsächlich daran zu zeigen, dafs die Messungen auch mit der zuletzt von La Place angenommenen Abplattung ohne auffallende Abweichungen vereinbar seyen. In der Folge wird sich ergeben, dafs sie mit der Voraussetzung einer noch stärkeren Abplattung sogar besser übereinstimmen.

b) Eine sehr schätzbare Reihe von Messungen der Pendellängen ist die durch Capt. Kater mit seinem unveränderlichen Pendel angestellte[1]. Die erhaltenen Resultate, auf die Länge des im Niveau des Meeres und im luftleeren Raume in einem Tage mittlerer Sonnenzeit Sexagesimalsecunden schwingenden Pendels nach englischen Zollen sind folgende.

Beobachtungs-Ort.	Breiten	Schwingungen	Längen
Unst	60° 45′ 28″,01	86096,90	39,17146
Portsoy	57 40 58,65	86086,05	39,16159
Forth-Leith	55 58 40,80	86079,40	39,15554
Clifton	53 27 43,12	86068,90	39,14600
Arbury-Hill	52 12 55,32	86065,05	39,14250
London	51 31 8,40	86061,52	39,13929
Shanklin-Farm	50 37 23,94	86058,07	39,13614

1 Phil. Tr. 1819. 330 u. 416.

Auch Kater bestimmt auf die oben angegebene Weise aus den Beobachtungen an den beiden Endpuncten der ganzen Station, nämlich *Unst* und *Dunnose* (Shanklin-Farm) die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator in engl. Zollen $= 39{,}00734$, und indem hiernach, wenn diese Länge $= 1$, der Fallraum in einer Secunde $= g$ aus der Formel $g = \frac{1\pi^2}{2} = 16{,}0412$ engl. F. gefunden ist, das Verhältnifs der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator $\frac{1}{289{,}014} = k$ beträgt, so wird $\frac{5}{2}k = 0{,}0086501$, wie oben, wonach also die Abplattung $e = 0{,}0086501 - \frac{y}{x}$ gefunden werden kann. Letztere erhält Kater aus der Vergleichung der Pendellängen an den verschiedenen Beobachtungsorten unter einander in sehr abweichenden Resultaten, welche zwischen den beiden Extremen $\frac{1}{597{,}5}$ und $\frac{1}{229{,}6}$ liegen, als mittleres Resultat aber $\frac{1}{333{,}71}$ und mit Weglassung des einen, offenbar unrichtigen, geringsten Werthes, im Mittel $\frac{1}{319{,}82}$ geben. Dafs diese Abplattung zu geringe sey, würde man auch ohne die nachfolgenden späteren Versuche voraussetzen. Indefs versichert Kater, dafs die Bestimmungen der Pendellängen nicht um $\frac{1}{400000}$ unrichtig seyn könnten, und die Abweichungen müfsten daher aus Localanziehungen erklärt werden, indem er nicht geneigt ist, eine Unregelmäfsigkeit der Erdgestalt im Allgemeinen anzunehmen, zu deren Bestimmung aufserdem weiter entfernte Stationen von genau bekannter geognostischer Beschaffenheit erforderlich seyn würden. Einen solchen gleichen geognostischen Charakter des Bodens fand er an den Stationen *Portsoy*, *Unst* und *Arbury-Hill*, und da diese die Abplattung $= \frac{1}{304}$ und $\frac{1}{310}$ gaben, so glaubt er, die eigentliche Gröfse müsse zwischen diesen in der Mitte liegen, welches also abermals auf die oben angegebene Bestimmung La Place's führen würde.

Diese Versuche zeigten die Bedeutsamkeit örtlicher Anzie-

hungen, und erklärten allerdings die abweichenden und zum Theil der Natur der Sache offenbar widersprechenden Resultate der geodätischen Messungen, zugleich aber machten sie das Bedürfnifs stets fühlbarer, zur Bestimmung der Ellipticität Pendelbeobachtungen unter dem Aequator selbst oder in seiner Nähe angestellt zu besitzen. Zu diesem Ende erhielten einige dorthin reisende Physiker gleiche Pendel, als diejenigen, deren sich Kater bedient hatte, und die Vergleichung ihrer Messungen mit den eben genannten zeigte denn allerdings bald, dafs die Abplattung gröfser sey, als sie aus den letzteren allein gefunden war. Ich übergehe sie vorerst, um zuvor einige andere Reihen von correspondirenden Beobachtungen anzugeben.

c. Eine interessante Reihe von Beobachtungen stellte Cap. Sabine an, als er zu diesem Zwecke und zur Untersuchung des Erdmagnetismus den Cap. Parry auf dessen erster Entdekkungsreise zur Auffindung einer nordwestpolaren Durchfahrt begleitete. Die Versuche in den hohen Breiten waren mühsam, schwierig, und wie es scheint, ihre Resultate unsicher, wenigstens vermuthe ich dieses daher, weil Sabine dieselben in seine spätere Zusammenstellung nicht mit aufgenommen hat. Eigentlich ungenau können sie inzwischen nicht seyn, und so dürfen sie wegen der hohen Breiten der Beobachtungsorte auf allen Fall als ein schätzbarer Beitrag angesehen werden. Die Resultate zeigt folgende Zusammenstellung[1].

Beobachtungs-Ort.	Breiten	Schwingungen	Längen
London	51° 31′ 08″,4	86497,400	39,13929
Brassa	60 09 42,0	86530,507	39,16929
Hare-Island	70 26 17,0	86562,639	39,19840
Melville	74 47 12,4	86572,134	39,20700

Die Vergleichung derselben unter einander nach der oben angegebenen Methode giebt folgende Resultate.

---

1 Phil. Tr. 1821. II. p. 165. Vergl. J. d. Ph, XCIII. 149. Biot bei G. LXIX. 352. Con. des Tems. 1825. p. 265.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Oerter.	Verminderung der Schwere.	Abplattung
London u. Brassa	0,0055066	$\frac{1}{314,3}$
London u. Hare J.	0,0055082	$\frac{1}{314,2}$
Brassa u. Hare J.	0,0055139	$\frac{1}{313,6}$
London u. Melville	0,0055258	$\frac{1}{312,6}$

d) Von grofser Wichtigkeit sind ferner diejenigen Pendelmessungen, welche die Französischen Gelehrten während der wissenschaftlichen Reise unter dem Commando des Capitain Freycinet anstellten[1]. Sie bedienten sich hierbei dreier unveränderlicher Pendel mit messingnen Stangen von Fortin, und eines vierten mit hölzerner Stange von Bréguet, fanden aber den Gang des letzteren zu wenig regelmäfsig, und haben daher die Resultate jener zuerst für sich allein berechnet. Diese Pendel wurden auf einem aus drei Stützen von Gufseisen bestehendem Stative aufgehangen, welches auf einem Grunde aus Mauerwerk aufgestellt, und zur Abhaltung des Luftzuges mit einem Glaskasten umgeben war. Um die Schwingungen zu zählen, verglichen sie diese nicht mit einer Pendeluhr vermittelst der Coincidenzen der beiderseitigen Schwingungen[2], sondern mit einem astronomischen Secundenzähler, dessen Linse beweglich war, so dafs derselbe gleichzeitig schwingend mit dem Pendel gemacht werden konnte, und dann wurde dieser Secundenzähler wieder durch zwei Beobachter mit den astronomisch regulirten Chronometern verglichen. Der richtige Gang des Secundenzählers kommt zwar bei der gewählten Beobachtungsmethode nicht in Betrachtung, ob aber ein vollständiger Isochronismus seiner Schwingungen und derer des gemessenen Pendels bei sehr kleinen Schwingungsbogen des letzteren jederzeit erhalten wurde, dieses bleibt mindestens fraglich. Dazu ist es zweifelhaft, ob ein frisch gemauertes, und also wankendes oder elastisches Fundament, selbst bei übergelegten gehauenen Steinplatten, dem Stative des Pendels für so feine Messungen eine

1 Voyage autour du Monde entrepris par Ordre du Roi etc. par M. Louis de Freycinet etc. Observations du Pendule. Par. 1826. 4.

2 Vergl. *Pendel.*

hinlängliche Festigkeit gewährte. Endlich konnten kleine Fehler dadurch einschleichen, dafs zwei Beobachter[1] zur Messung der Zeit sich durch einen Laut (le mot: *top*) ein Signal gaben, und dieser Fehler wurde constant, wenn die Beobachter nicht wechselten[2]. Eine genaue Prüfung der mit grofser Sorgfalt angestellten und mit ausnehmendem Fleifse berechneten Beobachtungen kann zwar hier nicht mitgetheilt werden, allein diese wenigen Bemerkuugen sind nöthig, um es zu rechtfertigen, wenn ich den erhaltenen Resultaten diejenige Beweiskraft nicht zugestehe, welche Freycinet ihnen beilegt, um so mehr, als die geognostische Beschaffenheit der Beobachtungsorte überall nicht angegeben und berücksichtigt ist.

Aus den, an 9 verschiedenen Orten angestellten, auf die erforderliche Weise sorgfältig corrigirten[3] Messungen ergeben sich nämlich die folgenden für das Niveau des Meeres, den leeren Raum und 20° C. der Temperatur corrigirten Schwingungen und Längen des einfachen Secundenpendels für Sexagesimalsecunden in der Art und Reihenfolge, wie sie durch Freycinet zusammengestellt sind.

Beobachtungsort	Breiten	Schwingungen	Längen
Paris	48° 50′ 14″n	86400″,000	1,00002271
Rio de Janeiro	22 55 13 s	86306,471	0,99783538
Cap d. gut. Hoff.	33 55 15 s	86344,289	0,99871582
Ile de France	20 9 56 s	86310,572	0,99794215
Insel Rawak	0 1 34 s	86273,927	0,99709575
— Guam	13 27 51 n	86296,484	0,99759331
— Mowi	20 52 7 n	86310,399	0,99792816
Port Jakson	33 51 34 s	86346,519	0,99877424
Malvinen	51 35 18 s	86409,520	1,00022319.

Werden diese auf die bekannte Weise nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet, so geben sie folgende Bedingungsgleichungen.

---

1 a. a. O. p. 9.
2 Vergl. Th. I. Art. *Beobachtung*. S. 887.
3 Vergl. *Pendel*.

$$
\begin{array}{l}
1{,}00002271 - x - y.\,0{,}56677227 = D^1 \\
0{,}99783538 - x - y.\,0{,}15167121 = D^2 \\
0{,}99871582 - x - y.\,0{,}31141614 = D^3 \\
0{,}99794215 - x - y.\,0{,}11884146 = D^4 \\
0{,}99709575 - x - y.\,0{,}00000021 = D^5 \\
0{,}99759331 - x - y.\,0{,}05421317 = D^6 \\
0{,}99792816 - x - y.\,0{,}12689703 = D^7 \\
0{,}99877424 - x - y.\,0{,}31042450 = D^8 \\
1{,}00022319 - x - y.\,0{,}61397729 = D^9 \\
\hline
0{,}99845897 - x - y.\,0{,}25046814 = 0
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{l}
0{,}56678514 - x.\,0{,}56677227 - y.\,0{,}32123808 \\
0{,}15134290 - x.\,0{,}15167121 - y.\,0{,}02300416 \\
0{,}31101623 - x.\,0{,}31141614 - y.\,0{,}09698004 \\
0{,}11859690 - x.\,0{,}11884146 - y.\,0{,}01412329 \\
0{,}00000020 - x.\,0{,}00000021 - y.\,0{,}00000000 \\
0{,}05408270 - x.\,0{,}05421317 - y.\,0{,}00293907 \\
0{,}12663412 - x.\,0{,}12689703 - y.\,0{,}01610287 \\
0{,}31004399 - x.\,0{,}31042450 - y.\,0{,}09636336 \\
0{,}61411433 - x.\,0{,}61397729 - y.\,0{,}37696817 \\
\hline
0{,}25029072 - x.\,0{,}25046814 - y.\,0{,}10530212 = 0
\end{array}
$$

Hieraus ergiebt sich $x = 0{,}99723181$ und $y = 0{,}00489947$, also $\frac{y}{x} = 0{,}00491307$; die Abplattung aber

$$e = \frac{5}{2}k = \frac{y}{x} = 0{,}00865052 - 0{,}00491307$$

$$= 0{,}00373745 = \frac{1}{276{,}6}.$$

Werden die Beobachtungen zu *Guam* weggelassen, so geben die übrigen $\frac{1}{272{,}1}$ und wenn die von *Guam*, *Ile de France* und *Mowi* ausgelassen werden, $= \frac{1}{286{,}2}$.

Diese unerwartet grofse Abplattung mufste um so mehr auffallen, weil die gleich nachfolgenden Beobachtungen von Sabine damals noch unbekannt waren, als die Französischen Gelehrten die angegebenen Werthe durch ihre scharfen Berechnungen erhielten, und zugleich die aus den Mondsgleichungen gefundene Abplattung von $\frac{1}{305}$ als absolut richtig betrachteten. Freycinet zieht daher aus seinen Messungen folgende allgemeine Schlüsse[1]:

1 a. a. O. p. 45.

1. Die Abplattung der südlichen Halbkugel unterscheidet sich nicht merklich von der der nördlichen.

2. Beide sind gröfser als $\frac{1}{305}$, welche Excentricität aus den Ungleichheiten des Mondes gefunden ist.

3. Die Berechnungen der Pendelschwingungen einzeln für die südliche und die nördliche Halbkugel geben die Abplattung $= \frac{1}{280}$ und $\frac{1}{282}$.

4. Die Parallele haben keine regelmäfsige Krümmung, und die Erde kann daher nicht als ein regelmäfsiges ellipsoidisches Sphäroid (solide de révolution) angesehen werden, wie dieses auch schon aus früheren Beobachtungen in der alten und neuen Welt hervorgeht.

5. Die Versuche zu *Ile de France*, *Guam* und *Mowi*, verglichen mit denen zu *Paris* geben eine gröfsere Differenz der Pendelschwingungen, als mit der Theorie verträglich ist, und man mufs daher eine bedeutende Ungleichheit der Erdgestalt an diesen drei Orten annehmen.

6. Wenn man diese drei Versuchsreihen wegläfst, welche dem Einflusse örtlicher Bedingungen zu sehr unterliegen, so wird die mittlere Abplattung des Erdballes $= \frac{1}{286{,}2}$ gefunden, bei welchem endlichen Resultate der Versuche man vor der Hand stehen bleiben mufs, bis die vorliegende Frage durch fortgesetzte Versuche weitere Aufklärung erhält.

Inzwischen stimmt dieses Endresultat mit dem durch Sabine gefundenen so nahe überein, als nach der Natur der Beobachtungen erwartet werden kann, und die folgenden Untersuchungen werden überhaupt darthun, welche von den hier angegebenen Folgerungen richtig sind.

e) Bei weitem die umfassendste, wichtigste und zu den entscheidendsten Resultaten führende Reihe von Beobachtungen des einfachen Secundenpendels, welche einen Bogen von 13° S. B. bis 80° N. B. in sich begreift, verdankt die gelehrte Welt dem wissenschaftlichen Eifer und den hochherzigen Aufopferungen *Englands*. Obgleich weniger mühsam und kostspielig, als die Reisen zur Entdeckung einer nordwestlichen Durchfahrt, ist diese Expedition des Capt. Sabine nicht weniger fruchtbar für die mathematische Geographie gewesen. Von einem

so geübten Beobachter liefsen sich keine andere, als sehr genaue Resultate erwarten, und dieses hat der Erfolg auch völlig gerechtfertigt, wobei hauptsächlich noch *der* Vortheil in Anschlag zu bringen ist, dafs im Winter zwischen 1822 und 1823, desgleichen im Anfange des Jahres 1824 die gebrauchten Pendel in London nicht blofs mit dem Normalpendel verglichen wurden, sondern auch genau in denjenigen künstlich hergestellten Temperaturen oscillirten, denen sie an den verschiedenen Beobachtungsorten ausgesetzt gewesen waren, um hiernach den Einfluss der Ausdehnung durch die Wärme empirisch zu corrigiren. Die Resultate seiner Messungen, gleichfalls nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet, zeigt folgende Zusammenstellung:

Beob. Ort.	Breiten	Beob. Pendellängen.	x	y Sin.$^2\varphi$	Diff.
St. Thomas	00° 24′ 41″	39,02074	— x	— 0,0000515 y	= D^1
Maranham	02 31 43 s	39,01214	— x	— 0,0019464 y	= D^2
Ascension	07 55 48 s	39,02410	— x	— 0,0190338 y	= D^3
Sierra Leone	08 29 28	39,01997	— x	— 0,0218023 y	= D^4
Trinidad	10 38 56	39,01884	— x	— 0,0341473 y	= D^5
Bahia	12 59 21 s	39,02425	— x	— 0,0505201 y	= D^6
Jamaica	17 56 07	39,03510	— x	— 0,0948286 y	= D^7
New-York	40 42 43	39,10168	— x	— 0,4254385 y	= D^8
London	51 31 08	39,13929	— x	— 0,6127966 y	= D^9
Drontheim	63 25 54	39,17456	— x	— 0,7999544 y	= D^{10}
Hammerfest	70 40 05	39,19519	— x	— 0,8904120 y	= D^{11}
Grönland	74 32 19	39,20335	— x	— 0,9289304 y	= D^{12}
Spitzbergen	79 49 58	39,21469	— x	— 0,9688402 y	= D^{13}
		39,09107	— x	— 0,3729771. y	= 0

Wird aus dieser ersten Reihe der Bedingungsgleichungen die zweite gebildet, so erhält man:

— 0,002012	+ x 0,0000515	+ y 0,0000000	
— 0,075934	+ x 0,0019464	+ y 0,0000038	
— 0,742778	+ x 0,0190338	+ y 0,0003623	
— 0,850725	+ x 0,0218023	+ y 0,0004753	
— 1,332390	+ x 0,0341473	+ y 0,0011660	
— 1,971510	+ x 0,0505201	+ y 0,0025523	
— 3,701643	+ x 0,0948286	+ y 0,0089924	
— 16,635365	+ x 0,4254385	+ y 0,1809980	
— 23,984428	+ x 0,6127966	+ y 0,3755200	
— 31,337865	+ x 0,7999544	+ y 0,6399270	
— 34,899873	+ x 0,8904120	+ y 0,7928336	
— 36,417184	+ x 0,9289304	+ y 0,8629118	
— 37,992760	+ x 0,9688402	+ y 0,9386515	
— 14,611113	+ x 0,3729771	+ y. 0,2926457	= 0

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Hieraus ergiebt sich $x = 39{,}01568$ und $y = 0{,}20213$, woraus nach dem von KATER angenommenen Werthe von k die Abplattung $= \frac{1}{288{,}4}$ ist.

SABINE nimmt zu dieser Reihe von beobachteten Pendelschwingungen noch die beiden unter a und b mitgetheilten hinzu, um auf diese Weise aus allen, nach der nämlichen Methode berechneten Pendellängen ein möglichst genaues Resultat zu erhalten. Wären seine eigenen Beobachtungen ungenau, so müfste durch die hinzukommende bedeutende Zahl ein merklich abweichendes Resultat zum Vorschein kommen, welches aber nicht der Fall ist. Zuvor unterwirft er die durch Capt. KATER angestellten Messungen einer abermaligen Revision, und erhält dadurch verbesserte Gröfsen der gefundenen Pendellängen. Wenn nun dieses zwar mit der von KATER behaupteten Genauigkeit seiner Angaben auf den ersten Blick nicht übereinzustimmen scheint, so steigt das Vertrauen auf diese Messungen vielmehr bei näherer Prüfung, indem die gemachten Abänderungen nur einmal eine Einheit in der dritten Decimalstelle betragen, übrigens sämmtlich die vierte Decimalstelle treffen, und viermal positiv, zweimal dagegen negativ sind. Die Berechnung dieser sämmtlichen Beobachtungen von SABINE und KATER ausführlich mitzutheilen scheint mir überflüssig, da die dabei zum Grunde liegenden Gröfsen in der nächstfolgenden allgemeinen Uebersicht enthalten sind, aus welcher sie daher entnommen und zur Berechnung nach der mitgetheilten Methode benutzt werden können. Die daraus gefundene Abplattung beträgt indefs $\frac{1}{289{,}5}$, und weicht somit nur unbedeutend von derjenigen ab, welche aus SABINE's Messungen allein folgt. Damit aber dieses Resultat ein noch gröfseres Gewicht erhalte, werden auch die französischen Messungen auf ein sexagesimal-Secundenpendel reducirt, und mit der durch SABINE erhaltenen Reihe zusammengenommen, und hieraus folgt abermals die Abplattung sehr übereinstimmend mit beiden früheren Resultaten $= \frac{1}{288{,}7}$.

Einen auffallenden Beweis der genauen Uebereinstimmung dieser aus drei Reihen von 13, dann 19 dann 21 verglichenen Beobachtungen erhaltenen Resultate unter sich und mit den einzelnen Bestimmungen giebt die folgende Zusammenstellung, worin

die Werthe von x und y aus den sämmtlichen Beobachtungen gefunden, und hiernach die Gröfsen in der fünften Columne berechnet sind. Der Inhalt der übrigen Columnen ist für sich klar.

Oerter.	Breiten	Beob. Pendel. =39, +	Beobachter.	Berech. Pendel. =39, +	Diff.
St. Thomas	00° 24′ 41″	02074	Sabine	01520	+00554
Maranham	02 31 43	01214	—	01559	—00345
Ascension	07 55 48	02410	—	01905	+00505
Sierra Leone	08 29 28	01997	—	01961	+00036
Trinidad	10 38 56	01884	—	02211	—00327
Bahia	12 59 21	02425	—	02543	—00118
Jamaica	17 56 07	03510	—	03440	+00070
Formentera	38 39 56	09176	Biot	09422	—00246
New-York	40 42 43	10168	Sabine	10133	+00035
Figeac	44 36 45	11212	Biot	11506	—00294
Bordeaux	44 50 26	11295	—	11586	—00291
Clermont	45 46 48	11612	—	11918	—00306
Paris	48 50 14	12894	—	12994	—00100
Shanklin	50 37 24	13606	Kater	13617	—00011
Dünkirchen	51 02 10	13771	Biot	13760	+00011
London	51 31 08	13929	Kater	13926	+00003
Arbury H.	52 12 55	14223	—	14165	+00058
Clifton	53 27 43	14593	—	14590	+00003
Leith	55 58 39	15547	—	15427	+00120
Portsoy	57 40 59	16161	—	15979	+00182
Unst	60 45 26,5	17164	—	16934	+00230
Drontheim	63 25 54	17456	Sabine	17715	—00259
Hammerfest	70 04 05	19519	—	19546	—00027
Grönland	74 32 19	20335	—	20326	+00009
Spitzbergen	79 49 58	21469	—	21134	+00335

Die Pendellängen von *Leith* und *Unst* sind das arithmetische Mittel aus den Messungen von Kater und Biot, welche nur unbedeutend abweichen. Für jenen Ort nämlich erhielt Biot 39,15538 und Kater 39,15556 Zolle, für diesen Biot 37,17177 und Kater 39,17151 Z. so dafs also dort die Differenz negativ, hier positiv ist, welches gegen die

Voraussetzung eines constanten Fehlers bei beiden Reihen von Beobachtungen streitet. Die hiernach aus allen Messungen gefundene Pendellänge unter dem Aequator im englischen Mafse, ist $x = 39{,}01520$ und die Zunahme desselben am Pole, oder $y = 0{,}20245$, welches eine Abplattung von $\frac{1}{289{,}1}$ giebt.

Es mufs etwas auffallen, dafs Sabine die oben unter c erwähnten Pendelmessungen, desgleichen einige einzelne, welche gleichfalls mit Kater's unveränderlichem Pendel angestellt sind, nicht gleichfalls mit in Rechnung genommen oder wenigstens verglichen hat. Um diesen Mangel zum Theil zu ersetzen, füge ich die mir bekannt gewordenen hier hinzu, wobei es mir indefs überflüssig und selbst nicht einmal zweckmäfsig scheint, sie den bisher mitgetheilten anzureihen und die ganze Summe aufs Neue nach der angegebenen Methode in Rechnung zu nehmen. Sollte dieses ohne nachtheiligen Einfluls auf die Richtigkeit des zu erhaltenden Resultates geschehen, so müfsten auf allen Fall die Originalbeobachtungen mit mehrerem Rechte, als bei den von Kater angestellten geschehen ist, einer neuen Revision unterworfen werden, um die Fehlergrenze bei denselben, und hiernach ihren Werth zur Bestimmung der fraglichen Gröfse genau zu kennen, welches nicht blofs sehr mühsam seyn würde, sondern wozu mir selbst die erforderlichen Mittel fehlen. Deswegen nehme ich sie so, wie sie in den angegebenen Quellen mitgetheilt sind, und vergleiche sie mit derjenigen Gröfse, welche das Pendel nach der zuletzt von Sabine gebrauchten Formel, nämlich $x' = x\,(1 + y\,\mathrm{Sin.}^2\,\varphi)$ haben müfste. Die einzelnen Beobachtungen, aufser denen unter c mitgetheilten, sind folgende.

f) Versuche mit Kater's unveränderlichem Pendel durch Capt. Basil Hall auf den *Gallopagos-Inseln* unter 0° 32′ 19″ N. B. und 90° 30′ W. L. von Greenwich angestellt gaben die Länge des Secundenpendels daselbst = 39,01717 engl. Z. Die Vergleichung dieser Messung mit den sieben von Kater angestellten giebt die Länge des Secundenpendels unter dem Aequator = 39,017196 Z., die Zunahme der Schwere am Pole = 0,0051412 und die Abplattung $= \frac{1}{284{,}98}$.

g) Ebenderselbe mafs die Länge des Secundenpendels zu *San Blas* in *Mexico* unter 21° 32′ 24″ N. B. und 105° 15′ W. L. von Greenwich, und fand sie = 39,03776 e. Z. Die Vergleichung mit Kater's sieben Messungen in Grofsbritannien gab die Länge des Pendels anter dem Aequator = 39,00904 die Zunahme der Schwere = 0,0054611 und die Abplattung = $\frac{1}{313,55}$.

h) Foster stellte an eben diesem Orte eine Reihe von Beobachtungen an, und fand die Länge des einfachen Secundenpendels daselbst = 39,03881 e. Z., welches Resultat von dem vorigen doch stärker abweicht, als bei absoluter Genauigkeit der Fall seyn müfste. Eine auf gleiche Weise als bei jener angestellte Vergleichung giebt die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator = 39,01036 e. Z. die Abnahme der Schwere von den Polen an = 0,0054095 und hiernach die Abplattung = $\frac{1}{308,56}$.

i) Auch zu *Rio de Janeiro* wurden durch Hall ähnliche Beobachtungen angestellt. Die Breite des Beobachtungsortes wurde = 22° 55′ 22″ S., die Länge 43° W. von Greenwich, und die Länge des Pendels = 39,04381 e. Z. gefunden. Eine Vergleichung mit den mehrerwähnten brittischen Messungen gab die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator = 39,01223, die Abnahme der Schwere vom Pole an = 0,0053365 und somit die Abplattung = $\frac{1}{301,77}$.

k) Der oben genannte Foster beobachtete an eben diesem Orte, fand sehr nahe übereinstimmend die Länge des Pendels = 39,04368 Z. Um aber an einem Beispiele zu zeigen, wie aufserordentlich genau Kater's mit den bisher erwähnten verglichene Messungen sind, und dafs sie mit gleich genauen, unter minderen Breiten ausgeführten allerdings ein richtiges Resultat zu geben sich eignen, möge folgende Zusammenstellung dienen. Die eben genannte Bestimmung Foster's mit den durch Kater gefundenen Gröfsen verglichen, giebt folgende Werthe.

Verglichener Beob. Ort.	Abnahme d. Schwere	Länge des Secund. Pend.	Nenner der Abplat.
Unst	0,0053726	39,01188	305,07
Portsoy	0,0053732	39,01188	305,13
Leith	0,0053570	39,01198	303,63
Clifton	0,0053109	39,01225	299,44
Arbury H.	0,0053565	39,01198	303,59
London	0,0053151	39,01223	299,81
Shanklin F.	0,0053163	39,01222	299,92
Mittel	0,0053431	39,01206	302,37

Diese Uebersicht zeigt, dafs die drei mittleren Werthe für die Abnahme der Schwere, die Länge des Secundenpendels unter dem Aequator und die Abplattung von den oben mitgetheilten Bestimmungen nicht sehr abweichen, und unter einander selbst noch geringere Differenzen zeigen[1].

l) Auch in *Paramatta* unter 33° 48′ 43″ S. B. und 151° 0′ 15″ O. L. von Greenwich, beobachtete Brisbane[2] ein Katersches Pendel, und veranlafste auch Dunlop zu einer Reihe von Beobachtungen, beide um so wichtiger, je seltener damals noch solche Messungen auf der südlichen Halbkugel waren. Brisbane fand die Länge des Secundenpendels in *Paramatta* = 39,07696 e. Z. welches mit Kater's Messung in *London* verglichen die Abnahme der Schwere = 0,0052704 und die Abplattung $\frac{1}{295,84}$, mit der zu *Unst* aber jene 0,0053605, diese $\frac{1}{303,95}$ giebt. Dunlop fand die Länge des Secundenpendels wenig abweichend = 39,07751, und hiernach durch die Vergleichung mit *London* jene Gröfse = 0,0052238, diese = $\frac{1}{291,83}$; mit *Unst* jene = 0,0053292 diese = $\frac{1}{301,09}$.

m) Goldingham war einer der ersten, welcher ein regulirtes Kater'sches Pendel mit nach *Madras* nahm. Aus den Schwingungen desselben dort unter 13° 4′ 9″,1 N. B. berechnete er die corrigirte Länge = 39,026302, welche Gröfse mit

1 Diese fünf einzelnen Beobachtungen findet man erwähnt und berechnet in Phil. Trans. 1823. T. II. p. 211.

2 Phil. Tr. a. a. O. p. 315.

der von KATER für *London* gefundenen verglichen die Abplattung $= \frac{1}{297,56}$ giebt[1].

Da man diese sämmtlichen Beobachtungen nichts weniger als ungenau nennen kann, hauptsächlich aber weil sie unter verschiedenen südlichen und nördlichen Breiten und in sehr abweichenden Längen angestellt sind, so scheint es mir allerdings der Mühe werth, auch diese auf die nämliche Weise wie durch SABINE bei den oben mitgetheilten geschehen ist, nach der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen, und das Resultat mit dem oben erhaltenen zu vergleichen[2]. Dieses giebt folgende Uebersicht.

Gallopagos	00° 32′ 19″;	39,01717 — x — 0,0000884. y	= D[1]
Madras	13 04 09;	39,02630 — x — 0,0511334. y	= D[2]
San Blas	21 32 24;	39,03828 — x — 0,1347996. y	= D[3]
Rio de Jan.	22 55 22;	39,04374 — x — 0,1517026. y	= D[4]
Paramatta	33 48 43;	39,07723 — x — 0,3096577. y	= D[5]
Brassa	60 09 42;	39,16929 — x — 0,7524400. y	= D[6]
Hare Is.	70 26 17;	39,19840 — x — 0,8878917. y	= D[7]
Melville	74 47 12;	39,20700 — x — 0,9311400. y	= D[8]

$$39{,}0971765 - x - 0{,}321885336.\,y = 0$$

$$\begin{aligned}
&- 0{,}00345 + x.\,0{,}0000884 + y.\,0{,}0000000\\
&- 1{,}99555 + x.\,0{,}0511334 + y.\,0{,}0026146\\
&- 5{,}26234 + x.\,0{,}1347996 + y.\,0{,}0181709\\
&- 5{,}92303 + x.\,0{,}1517026 + y.\,0{,}0230136\\
&- 12{,}10056 + x.\,0{,}3096577 + y.\,0{,}0958850\\
&- 29{,}47254 + x.\,0{,}7524400 + y.\,0{,}5661657\\
&- 34{,}80393 + x.\,0{,}8878917 + y.\,0{,}7883516\\
&- 36{,}50721 + x.\,0{,}9311400 + y.\,0{,}8670258
\end{aligned}$$

$$- 15{,}758576 + x.\,0{,}402356675 + y.\,0{,}2951534 = 0$$

---

1 Phil. Trans. 1822. I. 167.

2 Die Pendelmessung, wonach Capt. CHRIST die Länge des einfachen Secundenpendels auf der kleinen Insel *Gounsah-Lout* bei *Bencoolen* unter 0° 1′ 48″,78 N. B. = 39,02125994 engl. Z. fand, habe ich weggelassen, weil ihre Genauigkeit weniger verbürgt ist. S. Phil. Mag. LXV. 394. einen Auszug aus einer weitläuftigen Abhandlung im Asiatic Journal.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Hieraus ergiebt sich die Länge des Secundenpendels unter dem Aequator oder $x = 39{,}01393$, die Zunahme der Schwere nach dem Pole hin, oder $y = 0{,}2068915$, und die Abplattung oder $\frac{5}{2} k - \frac{y}{x} = 0{,}0086501 - 0{,}0053030 = 0{,}0033471$ oder $= \frac{1}{298{,}76}$. Gäben wir diesen Messungen einen gleichen Werth als den von Sabine berechneten, so würde aus jenen und diesen zusammengenommen eine Abplattung $= \frac{1}{291{,}24}$ folgen; sollen sie aber nur einen halb so grofsen Werth erhalten als jene, so würde eine Ellipticität $= \frac{1}{290{,}3}$ herauskommen, nimmt man endlich alle zuletzt erwähnten genaueren (unter d bis m aufgezählten) 45 Beobachtungen zusammen, giebt allen einen gleichen Werth, und sucht aus ihnen das arithmetische Mittel, so erhält man hiernach die Abplattung $= \frac{1}{288{,}96}$ oder sehr nahe $= \frac{1}{289}$. Auf allen Fall ergiebt sich so viel, dafs die durch Sabine und die durch die französischen Geometer in Frankreich angestellten Versuche am genauesten übereinstimmende Resultate geben, von welchem die zuletzt erwähnten, mit Kater's unveränderlichem Pendel angestellten, von Sabine aber nicht mit in Rechnung genommenen, Versuche nur unbedeutend abweichen. Noch deutlicher geht dieses aus der folgenden Zusammenstellung hervor, worin die durch Messung gefundenen Pendellängen mit denen verglichen sind, welche aus der Formel $x' = x + y \sin.^2 \varphi$ folgen, für x und y die von Sabine gefundenen Werthe genommen [1].

---

1 Bei der vorhergehenden Berechnung ist für *San Blas* und *Rio de Janeiro* das arithmetische Mittel aus den Bestimmungen von Hall und Foster gesetzt, für *Paramatta* das arithmetische Mittel aus den durch Brisbane und Dunlop gefundenen Gröfsen.

Beob. Orte.	Beobachter	Breiten	beob. Pendel	berech. Pend.	Differ.
Gallopagos	Hall	00° 32′ 19″	39,01717	39,01522	+ 0,00195
Madras	Goldingham	13 04 09	39,02630	39,02555	+ 0,00075
San Blas	Hall	21 32 24	39,03776	39,04249	— 9,00473
— —	Foster	21 32 24	39,03881	39,04249	— 0,00368
Rio de Jan.	Hall	22 55 22	39,04381	39,04591	— 0,00210
— —	Foster	22 55 22	39,04368	39,04591	— 0,00223
Paramatta	Brisbane	33 48 43	39,07696	30,07788	— 0,00092
— —	Dunlop	33 48 43	39,07751	39,07788	— 0,00037
Brassa	Sabine	60 09 42	39,16929	39,16753	+ 0,00176
Hare Isl.	—	70 26 17	39,19840	39,19495	+ 0,00345
Melville	—	74 47 12	39,20700	39,20371	+ 0,00329

Werden zuerst die Pendelmessungen für sich allein als Mittel zur Bestimmung der Abplattung näher beleuchtet, so folgen aus den gegebenen Uebersichten und aus demjenigen, was Sabine in seinem schätzbaren Werke mitgetheilt hat, zunächst nachstehende Schlüsse.

1. Vor allen Dingen müssen viele und weit von einander abstehende Beobachtungen in Rechnung genommen werden, wenn man ein nahe richtiges Resultat erhalten will. Dieses ergiebt sich insbesondere aus der Gröfse der Abplattung, welche die über kürzere Bogen ausgedehnten einzelnen Beobachtungsreihen geben. Biot fand direcle aus der Summe seiner Messungen diese Gröfse $= \frac{1}{304}$, allein wegen der Autorität, welche La Place's Angabe sich erworben hatte, suchte er jene dieser anzupassen, was auch keine grofsen Abweichungen gab. Die Reihe der durch Kater veranstalteten Messungen über einen weit kürzeren Bogen giebt allerdings sehr weit aus einander liegende Bestimmungen, deren mittlere im Maximo $\frac{1}{319,82}$ beträgt, und also nicht vermuthen läfst, dafs die ungleich richtigere Bestimmung so hoch hinaufgehen könnte, als wirklich der Fall ist. Die Ursache einer so geringen Uebereinstimmung liegt sehr nahe, und sie wird nicht befremden, wenn man berücksichtigt, dafs die ganze Differenz der Pendellänge am Pole

über die unter dem Aequator nur etwas über 0,2 engl. Zoll beträgt, weswegen unbedeutend kleine Fehler noch immer eine sehr grofse Differenz des Resultates herbeiführen können. Kater glaubte sich daher berechtigt, aus seinen Messungen den Schlufs zu folgern, dafs das erhaltene Resultat sich den bekannten anderweitigen Bestimmungen der Abplattung anreihen lasse[1], und es würden daher die mühvollen und kostbaren Bemühungen der französischen und englischen Gelehrten die Sache selbst um nichts mit Sicherheit weiter gebracht haben, wenn nicht Sabine's Messungen hinzugekommen wären.

2. Vor allen Dingen mufs bei den Beobachtungsarten für Pendelschwingungen die geognostische Beschaffenheit des Ortes genau beachtet, und entweder mit in Rechnung genommen werden, oder es müssen aus gleichen Breiten gleich viele Beobachtungen über schwererem und leichterem Boden zur Erhaltung eines genauen arithmetischen Mittels dienen[2]. Sabine hat hierüber die interessantesten Erfahrungen gemacht, und bemerkt, dafs die Erhebung über der Meeresfläche von geringerer Bedeutung ist, als die Beschaffenheit des Bodens, desgleichen dafs die tiefer liegenden Erdschichten keinen so grofsen Einfluss haben als die Oberfläche, oder genauer, dafs die allgemeine Beschaffenheit der Erdrinde die Pendelschwingungen weniger afficirt als die oberen und nebenliegenden Schichten[3]. Der Ein-

---

1 Kater sagt Phil. Tr. 1821. I. p. 94. It will perhaps be allowable to consider $\frac{1}{305,32}$ the mean of these last results, as the true compression, and this would agree very nearly with the deduction of Mr. La Place from the lunar irregularities; with the result of Dr. Young's interesting and novel investigation, by a comparison of the mean, with the superficial density of the earth; and with the conjecture I have hazarded from the compression given by the experiments on the length of the pendulum at Unst and Portsoy.

2 Vergl. La Place In Connaiss. des Temps. 1821. Auch Freycinet fand zu *Ile de France* eine sehr bedeutende örtliche Anziehung S. Connaiss. des Tems. 1818. p. 246.

3 a. a. O. p. 332 ... the local variations of gravity are influenced far more considerably by the density of the masses, on which the pendulum is immediately placed, than on the general disposition of the surface. Es ist mir hierbei besonders aufgefallen, dafs basaltischer und sonstiger vulcanischer Boden so stark anziehend wirkt, da man eine Compensation durch die muthmafslich tiefer liegenden

flufs ist so bedeutend, dafs SABINE meint, es lasse sich aus den Pendelschwingungen die Beschaffenheit der oberen Erdschichten an verschiedenen Orten bestimmen. Beides, sowohl die Gröfse solcher örtlichen Einflüsse, als auch dafs dieselben bei SABINE's Messungen ziemlich vollständig ausgeglichen sind, zeigt folgende Zusammenstellung:

Stationen	Unterschied d. berechneten u. gemessenen Pendellängen	Excefs oder Defect der Schwingungen	Geognostische Beschaffenheit des Bodens
St. Thomas	+ 0,00506	+ 5,58	Basaltischer Felsen.
Maranham	— 0,00393	— 4,34	Angeschwemmter Boden.
Ascension	+ 0,00457	+ 5,04	Dichter vulcanischer Felsen.
Sierra Leone	— 0,00012	— 0,12	Schnell verwitternder Granit.
Trinidad	— 0,00374	— 4,12	Angeschwemmter Boden.
Bahia	— 0,00164	— 1,80	Tiefes Erdreich auf Sandstein.
Jamaica	+ 0,00025	+ 0,28	Kalkfelsen.
Newyork	+ 0,00001	0,00	100 F. tiefes Sandlager über Serpentin.
London	— 0,00025	— 0,28	Kies und Kalk.
Drontheim	— 0,00282	— 3,10	Thonboden über Glimmerschiefer.
Hammerfest	— 0,00047	— 0,52	Glimmerschiefer.
Grönland	— 0,00009	— 0,08	Sandstein.
Spitzbergen	+ 0,00318	+ 3,50	Quarzfelsen.

Man sieht, dafs sich die leichteren und schwereren Lagerungen so ziemlich ausgleichen, und wenn die letzteren etwa mehr nach einer Seite hin fallen, so wäre dieses nach der südlichen, und ein hieraus entspringender Fehler müfste die Abplattung geringer geben, als sie wirklich ist. Auffallend ist dabei blofs, dafs das tiefe Sandlager in *Newyork* keinen negativen Fehler gegeben hat, da dieses doch beim Sandsteine in *Grönland* der Fall ist. Erklärlich würde dieses werden durch die Voraussetzung, dafs der Sandstein kalkhaltig, der Sand dagegen rein quarzig seyn mag. In der gegebenen Uebersicht stehen übrigens die basaltischen, die vulcanischen und die Quarzfelsen dem aufgeschwemmten Erdreiche im stärksten Gegensatze

---

Höhlungen erwarten könnte. Beobachtungen in verschiedenen Puncten auf Island wären in dieser Hinsicht von grofser Wichtigkeit.

entgegen, alle anderen weichen dagegen von einem mittleren Werthe der Dichtigkeiten nicht sehr ab, wie SABINE durch folgende Zusammenstellung anschaulich macht, welche aus den Pendelschwingungen gefolgert füglich als allgemeines Mafs der Dichtigkeiten in Beziehung auf die Kraft der Anziehung gelten kann.

Stationen	Excefs oder Defect	Dichtigkeits-Scale	Geognostische Beschaffenheit
St. Thomas	+5,58	100	Schwerer Basalt.
Ascension	+5,04	94	Dichter vulcan. Felsen.
Spitzbergen	+3,50	79	Mächtiges Quarzlager.
Jamaica	+0,28	45	Kalkfelsen (Urkalk).
New-York	0,00	43	Sand auf Serpentin.
Grönland	—0,08	43	Zerfallener Sandstein.
Sierra Leone	—0,12	42	Einige Fufs Erde über verwittertem Granit.
London	—0,28	41	Kies und Kalk.
Hammerfest	—0,52	37	Glimmerschiefer, die Halbinsel von tiefem Wasser umgeben.
Bahia	—1,80	26	Einige Fufs Dammerde über Sandstein.
Drontheim	—3,10	12	Thonboden über Glimmerschiefer.
Trinidad	—4,12	2	Aufgesch. Erdreich und Sand.
Maranham	—4,34	1	Desgleichen.

3. Rücksichtlich auf die Gestalt der Erde ist durch die angegebenen Pendelbeobachtnngen so viel mit Gewifsheit ausgemacht, dafs die südliche Halbkugel auf gleiche Weise als die nördliche gekrümmt seyn mufs, und somit ein aus LA CAILLE's Messung auf dem *Cap der guten Hoffnung* gefolgerter, und bei vielen Hypothesen zum Grunde gelegter Satz, wonach des Gegentheil statt finden sollte genügend wiederlegt. Die fünf Messungen auf der südlichen Halbkugel, zu *Maranham*, *Ascension*, *Bahia*, *Rio de Janeiro*, und *Paramatta*, welche einen Bogen von 2°,5 bis 33°,75 umfassen, weichen so wenig von den unter fast gleichen nördlichen Breiten angestellten ab, dafs man dieses Mittel zur Bestimmung der Erdgestalt entweder ganz verwerfen, oder beide Halbkugeln für gleichgestaltet halten mufs. Eben dieses Resultat geht auch aus denjenigen Messungen hervor, welche FREYCINET und DUPERREY vorgenommen ha-

ben[1]. Minder nicht darf mit einem hohen Grade der Zuversicht behauptet werden, dafs die Krümmung der verschiedenen Meridiane gleichfalls von einander nicht merklich abweicht, und die Erde also ein regelmäfsiges elliptisches Sphäroid (Ellipsoide de révolution) ist. Wenn manche früher geneigt waren, diesen theoretisch wahrscheinlichen Satz zu bezweifeln, so geschah dieses in Folge der geringen Uebereinstimmung, welche die Resultate der verschiedenen Messungen darboten, indem SABINE[2] vollkommen Recht hat, wenn er solche Ungenauigkeiten nur für geeignet hält, die Sache zu verwirren.

4. So viel aber hierdurch gewonnen ist, so bleibt doch allezeit noch die Hauptfrage zu erörtern, nämlich welches Verhältnifs der Erdaxe zum Durchmesser des Aequators aus den Pendelmessungen wirklich folge. Die Beantwortung derselben beruhet auf zwei Stücken, nämlich der *Genauigkeit der Messungen selbst*, und der *Zulässigkeit des Clairaut'schen Theorem's*. Vorläufig kann nicht unbemerkt bleiben, wie auch SABINE sagt, dafs diejenige Gröfse der Abplattung, um welche alle einzelnen Bestimmungen derselben sehr nahe liegen, genau mit dem Verhältnifs der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator zusammenfällt, welches zuverlässig auf ein in der Zukunft wahrscheinlich noch aufzufindendes nothwendiges Naturgesetz deutet.

Die Genauigkeit der Beobachtungen zuvörderst scheint über jeden Zweifel erhaben, und das Zutrauen zu denselben gewinnt um so mehr, je sorgfältiger man das Einzelne prüft. Insbesondere gilt dieses Urtheil von derjenigen Reihe, welche wir dem

1 S. Ann. Ch. Ph. XVI. 397. XXX. 347. Connaiss. des Tems. 1828. p. 246. FREYCINET Voyage autour du Monde cet. 1826. p. 45.

2 a. a. O. p. 354.: inexact experiments have tended but to perplex, and even to mislead. Es darf hier jedoch nicht unbemerkt bleiben, dafs auch Dr. TIARKS aus seinen chronometrischen Messungen, verglichen mit geodätischen auf eine Ungleichheit in der Krümmung der Erde geführt wurde, damit die Sache bei ihrem jetzigen Standpuncte künftig noch näher untersucht werde. S. Phil. Mag. 1824. Apr. p. 311. FREYCINET's Pendelbeobachtungen und die oben erwähnten letzten Messungen von Längengraden in Frankreich und Italien führen auf ein gleiches Resultat. Indefs bin ich im Ganzen geneigt, die Erscheinungen, woraus eine Unregelmäfsigkeit der Krümmung zu folgen scheint, theils Beobachtungsfehlern, theils localen Anziehungen beizumessen.

Fleifse und der Beharrlichkeit des Capt. Sabine verdanken, und wenn man die Uebereinstimmung der erhaltenen Resultate mit denjenigen berücksichtigt, welche aus allen übrigen, von den verschiedensten Beobachtern mit ähnlichen oder ungleichen Apparaten angestellten Versuchen hervorgegangen sind, so mufs man gestehen, dafs nicht leicht ein physikalisches Problem vollständiger gelöset ist, als dieses. Es ist mir auch nicht bekannt, dafs von dieser Seite überall gegründete Einwendungen gemacht sind, aufser etwa diejenigen, welche Galbraith dagegen vorgebracht hat[1]. Dieser macht vorzüglich auf die Ungewifsheit aufmerksam, welche aus der örtlichen Anziehung des Bodens von individueller Beschaffenheit entstehen könnte. Richtig ist allerdings, dafs bei einer einzelnen Beobachtung dieser Einfluſs nichts weniger als unbedeutend genannt werden darf. Es ergiebt sich dieses insbesondere aus der Betrachtung der fünf ersten, zunächst am Aequator gemessenen Pendellängen zu *St. Thomas*, *Maranham*, *Ascension*, *Sierra Leone* und *Trinidad*. Wollte man die erste mit der zweiten, die dritte mit der vierten, die vierte mit der fünften, sogar noch die erste mit der fünften zusammennehmen, so würde aus allen diesen Vergleichungen eine umgekehrte Abplattung folgen, und wir haben hier also das nämliche Phänomen, welches die englische Gradmessung für sich allein genommen darbietet. Galbraith hat ferner vollkommen Recht, wenn er sagt, dafs man die Pendellänge unter dem Aequator nach den Beobachtungen im Mittel = 39,02 engl. Z. annehmen könne[2], und wenn dann die

---

1 Phil. Mag. LXVII. 161. Ivory prüft in Phil. Mag. and Journ. LXVIII. 1 ff. zuerst Clairaut's Theorem, indem er auch die höheren Potenzen mit in Rechnung nimmt, findet aber das von jenem gefundene Resultut bestätigt. Aus 6 Beobachtungen Sabine's und den beiden zu Paris und Unst durch Biot angestellten findet er dann die Abplattung $= \frac{1}{300}$. In einem späteren Aufsatze ebend. p. 92. vergleicht er die Messungen von Sabine, Kater nebst Biot und die in Frankreich von den französischen Gelehrten angestellten, und findet zwischen den aus diesen drei Reihen erhaltenen Abplattungen einen merklichen Unterschied. Weil er aber Sabine's Werk nicht selbst benutzt zu haben gesteht, so schien es mir überflüssig, mehr als diese Notiz von seiner Arbeit mitzutheilen.

2 Hall's Messung, welche Galbraith hierbei nicht berücksichtigt zu haben scheint, giebt weit richtiger 39,017

Zunahme der Länge des Secundenpendels unter dem Pole = 0,20 engl. Zoll angenommen würde, so gäbe dieses

$$e = 0{,}00865 - 0{,}005125 = 0{,}003525 = \frac{1}{283{,}7}.$$

Genau genommen kann dieser Einwurf aber das Vertrauen auf die erhaltenen Resultate nicht schwächen, und dient vielmehr als ein neuer Grund der Bekräftigung. Man mufs es nämlich wohlnehmen, dafs SABINE die ersten, aller Theorie und dem Ganzen der gesammten Beobachtungen widersprechenden Resultate offen mitgetheilt hat. Die Ursache der Fehler liegt ganz entschieden in der stärkeren Anziehung des vulcanischen Bodens zu St. *Thomas* und *Ascension*, wird indefs durch die entgegengesetzte Wirkung des leichten Erdreichs zu *Maranham* und *Trinidad*, desgleichen durch die correspondirende anziehende Wirkung des Quarzfelsens auf *Spitzbergen* wieder aufgehoben. Bliebe noch ein Theil des Fehlers zurück, so würde er die Abplattung geringer geben, allein dieses ist aus andern Gründen nicht wahrscheinlich, und es läfst sich daher annehmen, dafs die übrigen Messungen in mittleren Breiten diesen Rest wieder aufheben.

Ungleich schwieriger ist die Entscheidung über die zweite Bedingung der Zuverlässigkeit des erhaltenen Resultates, nämlich die Richtigkeit der Formel, wonach aus den Beobachtungen die Abplattung gefunden ist. Es kommt hierbei lediglich auf die absolute Begründung des von CLAIRAUT aufgestellten Theorem's an. Dieses wird unten noch näher zur Untersuchung kommen, indefs kann hier vorläufig so viel gesagt werden, dafs nach dem Urtheile der gröfsten Geometer dasselbe als unzweifelhaft betrachtet wird, und unter dieser Voraussetzung darf SABINE's Versuchsreihe sowohl, als auch die Ableitung des Endresultates aus dieser und den beiden anderen, von ihm benutzten, für so vollkommen gelten, dafs hierdurch eine lange untersuchte Aufgabe endlich bis zu einem hohen Grade der Gewifsheit gelöset ist. Künftige Versuche werden das erhaltene Resultat controliren, zu welchem Ende ihnen aber ein gleicher Grad der Genauigkeit, als der hier benutzte, eigen seyn mufs[1].

1 Wenn man von den Messungen FREYCINET's die genauesten unter den niedrigsten und höchsten Breiten mit einander vergleicht, nämlich *Rawak* unter 0° 1′ 34″ S. B. mit *Paris* unter 48° 50′ 14″

Die hierdurch erhaltene Bestimmung ist zu neu, als dafs sie schon von andern beurtheilt und Einwendungen unterworfen seyn sollte. Um so mehr erwähne ich dasjenige, was GALBRAITH auch gegen diese erinnert, weil es auf den ersten Blick bedeutend scheint, bei näherer Betrachtung aber nicht ist. Schon früher[1] berechnete dieser aus den vier Beobachtungen zu *Gallopagos*, *Madras*, *San Blas*, und *Rio de Janeiro*, ferner aus den Französischen, den Englischen durch KATER angestellten, und den zu *Hare Island* und *Melville* auf der Nordpolarexpedition erhaltenen, zusammen also aus 18 Beobachtungen die Abplattung, fand nach der oben gewählten Bezeichnung die Länge des Secundenpendels unter dem Aequator oder $x = 39{,}011654$ und die Vermehrung derselben am Pole oder $y = 0{,}209068$, woraus also die Ellipticität $= 0{,}0032784 = \frac{1}{305}$ folgt. Eine Zusammenstellung der gemessenen Pendellängen mit denen nach der Formel berechneten gab dann ferner für die niedrigen und hohen Breiten lauter negative Differenzen und für alle zwischenliegenden blofs positive, woraus GALBRAITH folgert, die Erde bilde kein vollkommenes Ellipsoid von $\frac{1}{305}$ Abplattung, sondern sey unter dem 45sten Grade der Breite etwas erhabener. Die wahre Ursache ist indefs, dafs aus den gemessenen Pendellängen eine gröfsere Abplattung folgt, als welche bei der Berechnung zum Grunde liegt[2]. Spä-

---

N. B. und mit dem *Cap* unter 33° 55′ 15″ S. B. so giebt jenes die Abplattung $= \frac{1}{288}$, dieses $= \frac{1}{291{,}3}$, im Mittel $\frac{1}{289{,}5}$; alle Beobachtungen mit allen 4 Pendeln geben sie im Mittel $= \frac{1}{289{,}56}$. Wollte man indefs auch bei dem durch FREYCINET aus allen Beobachtungen mit den drei messingnen Pendeln erhaltenen mittleren Werthe $= \frac{1}{286{,}2}$ stehen bleiben, so ist doch auf allen Fall eine sehr genaue Uebereinstimmung dieser Gröfsen mit der durch SABINE gefundenen auf keine Weise zu verkennen.

1 Phil. Mag. LXIV. 163. LXV. 12 ff.

2 Ich darf hierbei nicht unbemerkt lassen, dafs bei der oben von mir mitgetheilten Zusammenstellung der von SABINE nicht mit in Rechnung genommenen Messungen gerade das Gegentheil statt findet, indem alle negativen Differenzen in die Mitte fallen. Auch hiervon

ter[1] benutzt GALBRAITH verschiedene der neuesten, nahe am Aequator und nicht bis zur Hälfte des Erdquadranten reichende Pendelmessungen, um aus diesen die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator nach SABINE's Formel, wonach $x' = 39{,}01520 + 0{,}20245 \text{ Sin.}^2\varphi$ ist, zu finden, und hiernach die Abplattung zu berechnen. Indem er dann die Beobachtungen zu *St. Thomas* und *Ascension* wegen des örtlichen Einflusses verwirft, erhält er für

Maranham — —	39,01175
Sierra Leone — —	39,01556
Trinidad — — —	39,01193
Bahia — — —	39,01402
Mittel	39,01332

Aus den spanischen Beobachtungen zu

Acapulco — —	39,01126
Manilla — —	39,02067
Umatag — —	39,00157
Zamboanga — —	39,01379
Lima — — —	39,01046
Ile Rabao — —	39,01370
Mittel	39,01191

Aus französischen und englischen zu

Formentera — —	39,01303
Madras — — —	39,01275
San Blas — —	39,01311
Rio Janeiro — —	39,01447
Paramatta — —	39,01250
Mittel[2]	39,01254

liegt die Ursache darin, dafs eine gröfsere Excentricität bei der Berechnung zum Grunde gelegt ist, als welche aus den Messungen selbst folgt. Zugleich mufs ich hinzusetzen, dafs die aus den Messungen auf *Gallopagos*, *Madras*, *San Blas* und *Rio de Janeiro* gefundenen Pendellängen durch GALBRAITH anders angegeben werden, als von mir oben geschehen ist, wodurch das Resultat etwas verschieden ausfällt. Indefs bin ich der nachgewiesenen Quelle gefolgt, und weifs nicht, woher GALBRAITH seine etwas abweichenden Gröfsen genommen haben mag.

1 Phil. Mag. LXVII. 164.

2 Dieses letztere Mittel ist falsch, läfst sich indefs durch die

Aus allen drei mittleren Werthen folgt $x = 39{,}01295$, und indem Galbraith dann $\frac{5}{2} k = 0{,}008608$ nimmt, so soll statt des durch Sabine gefundenen, oben mitgetheilten Resultates, wonach die Abplattung $= \frac{1}{289{,}1}$ ist, sie vielmehr $e = 0{,}008608 - \frac{0{,}20245}{39{,}0152} = 0{,}003419 = \frac{1}{292{,}5}$ seyn. Aus andern Zusammenstellungen der durch Sabine gefundenen Pendellängen sucht dann Galbraith eine Abplattung herauszubringen, welche von $\frac{1}{305}$ nicht merklich abweicht. Rücksichtlich dieser letzteren Folgerung ist es nicht schwer zu beweisen, dafs einzelne zusammengestellte Pendelbestimmungen der Abplattung geringer geben, da auch andere wiederum sie gröfser darstellen; aber eben deswegen war es zweckmäfsig, die Fehler aller einzelner, übrigens genauer, Beobachtungen gegenseitig auszugleichen. In Beziehung auf die erstere Verbesserung ist indefs nicht abzusehen, worauf sie sich im Allgemeinen gründet, und wie sie insbesondere aus den Prämissen folgt. Zuvörderst hat Galbraith die Gröfse $\frac{5}{2} k$ durch weitläuftige Rechnungen auf einem mühsameren Wege gesucht, als dieses nach Newton geschieht, und $k = \frac{1}{290{,}428}$ gefunden. Wird statt dessen die gewöhnliche Bestimmung wieder hergestellt, so mufs auch das zuletzt durch Sabine gefundene Resultat wieder herauskommen, so lange die durch denselben gefundenen Werthe von x und y unverändert bleiben. Dafs die letztere geändert werden müsse, sagt Galbraith nicht, für x aber findet er aus der mitgetheilten Zusammenstellung 39,01295 engl. Zolle. Wird dieses als richtig angenommen, so wäre

$$e = 0{,}0086501 - \frac{0{,}20245}{39{,}01295} = 0{,}0034518 = \frac{1}{289{,}7}$$

also nur unbedeutend von Sabine's Bestimmung abweichend. Es ist indefs klar, dafs aus einer Verminderung des Werthes von x zugleich auch eine Vergröfserung des Werthes von y aus

Aenderung einer einzigen Ziffer in den summirten Gröfsen nicht herstellen, und ich mufs es also unverbessert wiedergeben.

den Beobachtungen folgen mufs. Nach Sabine ist die Länge des Secundenpendels unter dem Pole $= x + y = 39{,}21765$ engl. Zolle. Nimmt man zur Vermeidung weitläuftiger Rechnungen diese Gröfse und die durch Galbraith gefundene Pendellänge unter dem Aequator als richtig an (welches genau genommen aus begreiflichen Gründen unstatthaft ist), so würde hiernach $y = 0{,}2047$ und die Abplattung

$$e = 0{,}0086501 - \frac{0{,}2047}{39{,}01259} = 0{,}0034033 = \frac{1}{293{,}83}$$

seyn; also schon merklicher abweichen. Hieraus könnte allerdings ein von Galbraith nicht aufgestelltes Argument gegen die Gültigkeit dieser Berechnungsart überhaupt hergenommen werden, dessen Widerlegung keineswegs so leicht ist, als die Beseitigung derjenigen Einwürfe, welche er dagegen vorbringt. Die ganze Berechnung ist nämlich auf kein allgemein gültiges geometrisches Princip gestützt. Offenbar mufs die Abplattung so viel gröfser seyn, je gröfser der Unterschied der Pendellänge unter dem Pole und unter dem Aequator ist, indem sie selbst mit diesem verschwinden würde. Nach der Formel aber wächst der Quotient $y : x$ diesem Unterschiede proportional, die Abplattung wird dann aber im gleichen Verhältnifs kleiner, also gerade umgekehrt, als es der Natur der Sache nach seyn sollte. Im Allgemeinen führt dieses indefs wiederum auf die Gültigkeit von Clairaut's Theoreme, und Galbraith's Gegenbemerkungen und Zweifel sind also bei weitem unbedeutender, als er sie gern ansehen möchte.

5. Endlich kann eine sehr nahe liegende Bemerkung demjenigen nicht entgehen, welcher sich mit der Untersuchung dieses interessanten Gegenstandes beschäftigt. Angenommen nämlich die Abplattung sey durch Sabine genau gefunden, so ist sie gerade dem Verhältnisse der Schwungkraft unter dem Aequator zur Schwere gleich oder $= k$. Nach der Formel ist aber $e = \frac{5}{2} k - \frac{y}{x}$, also wenn $e = k$ ist, so ist $1{,}5\,k = \frac{y}{x}$, und wenn also das Pendel durch die Schwungkraft und die aus der Abplattung der Erde hervorgehende Abnahme der Schwere zugleich afficirt wird, so ist die letztere Gröfse genau der Hälfte der ersteren gleich. Es scheint mir dieses auf eine gewisse innere Consequenz des Theorem's von Clairaut zu deuten, und

nicht minder das Vertrauen auf die Genauigkeit der Pendelmessungen zu erhöhen [1].

D. Gestalt der Erde nach dem Gravitationsgesetze und der Schwungkraft.

Bei der Erläuterung der beiden unter A und C abgehandelten Methoden, deren man sich zur Bestimmung der Gestalt der Erde bedient hat, ist der Gegenstand sowohl rücksichtlich der Messungen als auch der Berechnungen in hinlänglicher Vollständigkeit mitgetheilt. Auch die hier zu erörternde Methode mit gleicher Ausführlichkeit abzuhandeln liegt aufser den Grenzen dieses Werkes, da sie zu der Lösung eines der schwierigsten Probleme gehört, womit die Geometer noch nicht völlig im Reinen sind, und es wird daher genügen, eine Uebersicht des Ganzen und die wichtigste Literatur hier aufzunehmen [2].

Newton, von welchem diese ganze Untersuchung ausgeht, dachte sich zur Versinnlichung der Sache zwei susammenhängende Säulen einer Flüssigkeit, welche im Centrum des fast kugelförmigen Körpers anfangend sich endigten, die eine unter dem Aequator, die andere unter dem Pole, und suchte bei dieser Voraussetzung einer gleichförmigen Dichtigkeit der als flüssig gedachten Erdmasse die Bedingung des Gleichgewichts. Denkt man sich dann ein elliptisches Sphäroid aus verschwindend dünnen und ähnlichen Lagen bestehend, so ist die Schwere, als die Summe der Anziehungen aller dieser Schichten, am Pole der kleinen Axe proportional. Newton stellte nämlich den Satz auf, dafs irgend ein materieller Punct in einem hohlen elliptischen Sphäroide mit parallelen Schichten von allen Seiten auf gleiche Weise angezogen werde, wonach die oberen Lagen auf die Schwere keinen Einflufs haben, und also in Folge des Gravitationsgesetzes die Schwere aller Puncte auf der Oberfläche

---

1 Die Uebereinstimmung dieses Resultates mit dem durch Huygens aufgestellten Theoreme ersieht man aus dem folgenden Abschnitte.

2 Vergl. La Place Méc. Cél. T. V. Liv. XI. Ch. 1. Ivory in Phil. Mag. LXVI. 428. Bohnenberger Astronomie p. 426. Die Schwierigkeit der Aufgabe ergiebt sich leicht, wenn man berücksichtigt, dafs nach der Theorie der Anziehung das Gesetz der Schwere an der Oberfläche der Erde von ihrer Gestalt abhängt, welche selbst wieder von jenem Gesetze abhängig ist.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

gleichartiger und gleich dichter Körper den linearen Dimensionen dieser letzteren proportional ist. Hiernach ist das Gewicht der angenommenen Wassersäule am Pole gleich dem Producte der Schwere am Pole in die Hälfte der Länge dieser Säule oder in die halbe Axe, und die Schwere der an den Aequator reichenden Wassersäule dem Producte der Schwere unter dem Aequator in den halben Erdhalbmesser, indem die Schwere unter dem Aequator durch die gleichfalls nach dem Centro hin abnehmende Schwungkraft vermindert wird. Für den Zustand des Gleichgewichts ist daher das Product der Schwere unter dem Pole in die halbe Axe gleich der Schwere unter dem Aequator in den halben Durchmesser. Wird dann in einem elliptischen Sphäroide von gleichmäfsiger Dichtigkeit die halbe Axe BC = 100, der halbe Durchmesser AC = 101 angenommen, so würde die Schwere unter dem Aequator = 500 gesetzt, unter dem Pole = 501 werden. Wenn alsdann für den Zustand des Gleichgewichts nach hydrostatischen Gesetzen die Producte der Längen in die Gewichte gesucht und mit einander verglichen werden, so erhält man BC = 100 × 501 = 50100 und für AC = 101 × 500 = 50500, deren Verhältnifs 501 : 505 ist, wonach also unter A ein Ueberschufs von $\frac{4}{505}$ entsteht, welcher durch die Schwungkraft compensirt werden mufs. Nach einer Art von regula falsi läfst sich hieraus vermittelst der bekannten Schwungkraft die Abplattung berechnen. Indem nämlich dem angenommenen Axenverhältnisse, oder einer Abplattung $= \frac{1}{100}$ eine Schwungkraft $= \frac{4}{505}$ zukommt, so erhält man die Proportionen

Fig. 171.

$$\frac{4}{505} : \frac{1}{100} = \frac{1}{289} : x$$

woraus $x = \frac{1}{229}$ gefunden wird. Dieses gäbe also das Verhältnifs der Axe des Erdellipsoids zum Durchmesser nahe = 229 : 230. Diese Bestimmung stellte Newton schon 1686 auf[1].

---

1 Phil. nat. Princ. math. L. III. prop. 19. Tom. III. p. 80 ed. Le Seur et Jacquier.

Ohngefähr zwei Jahre später bestimmte Huygens[1] die Abplattung nach ähnlichen Grundsätzen, indem er zwei Säulen einer gleichartigen Flüssigkeit annahm, welche durch die vereinten Wirkungen der Schwere und Schwungkraft im Gleichgewichte seyn sollten. Die Centrifugalkraft beträgt unter dem Aequator $\frac{1}{289}$ der Schwere $= k$, und um diese Gröfse mufs also die Schwere dort vermindert seyn. Diese Verminderung ist aber rücksichtlich auf den Druck der angenommenen Wassersäulen den Abständen der einzelnen Theilchen vom Centro direct proportional, mithin im Mittelpuncte selbst $= 0$ auf der Oberfläche unter dem Aequator $= 1$, im Mittel also $= \frac{1}{2}k$, weswegen die Länge der in der Erdaxe liegenden Säule BC $= 1 - \frac{1}{2}k$ $= 1 - \frac{1}{578}$ der andern AC seyn mufs, welches als ein Verhältnifs der Erdaxe zum Durchmesser $= 577 : 578$, und eine Abplattung $= \frac{1}{578}$ giebt. Nach Huygens[2] wächst ferner die Schwere vom Aequator nach den Polen den Quadraten der Sinusse der Breite proportional, und wird unter dem Pole $= 1 + 2k$, wenn sie unter dem Aequator $= 1$ ist, wogegen Newton das Verhältnifs $1 : 1 + \frac{5}{4}k$ annimmt. Dabei ist es merkwürdig, dafs nach beiden Theorieen die Summe der Gröfse der Abplattung und der Zunahme der Schwere am Pole, die unter dem Aequator als Einheit angenommen $= \frac{5}{2}k$ ist. Huygens wollte eigentlich die Aufgabe allgemein auflösen, und diejenige Curve

1 Hugenii opera ed. s'Gravesande. L. Bat. 1724. Tom. III. p. 99. Dessen opera reliqua T. I. de causa gravitatis. Discours de la cause de la Pésanteur p. 157. Mairan unterschied die ursprüngliche Gestalt der Erde als flüssig gedacht im Zustande der Ruhe, in welchem sie die Kugelgestalt haben mufste, von der späteren durch ihre Rotation enthaltenen. S. Mém. de l'Ac. 1720. Dafs sie als ruhend zur Erzeugung des Gleichgewichts ihrer Theile die runde Gestalt annehmen mufste, bewiesen aufserdem Hermann s. Phoronomia L. II. prop. 82. p. 364; Kraft in Com. Soc. Pet. VIII. 224. u. a.

2 La Place a. a. O. p. 5.

finden, welche dem Gleichgewichte eines um seine Axe rotirenden flüssigen Körpers genügt, allein diese war ihm zu schwierig, und wurde erst durch MAC-LAURIN gelöset. Im Jahre 1740 gab nämlich die Akademie der Wissenschaften in Paris die Preisfrage über die Ebbe und Fluth auf, unter deren Beantwortungen sich die von MAC-LAURIN als ein Muster der geometrischen Construction auszeichnet. Hierin zeigte er, dafs ein flüssiger, um seine Axe rotirender, Körper bei einer dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportionalen Anziehung seiner Theile nur dann zum Gleichgewichte kommt, wenn er die Gestalt eines elliptischen Sphäroids erhält[1].

Bei allen diesen drei angegebnen Versuchen befolgte man die Methode der geometrischen Construction, welche bei MAC-LAURIN in höchster Eleganz erscheint. Auch CLAIRAUT[2] betrat anfangs diesen Weg, und zeigte die Gültigkeit der Voraussetzungen, worauf NEWTON seinen Satz gegründet habe. Später wählte CLAIRAUT[3] den Weg der Analyse, behandelte das Problem in gröfster Allgemeinheit für einen aus gleichartigen oder ungleichartigen Flüssigkeiten bestehenden Körper, und zeigte, dafs bei einer geringen Abweichung von der Kugelgestalt die Form eines an seinen Polen abgeplatteten elliptischen Sphäroids den Bedingungen des Gleichgewichts Genüge leiste. Bei der Vergleichung der Ellipticität der Erde und der Schwere an ihrer Oberfläche findet er dann das im vorigen Abschnitte benutzte merkwürdige Theorem, *dafs für jede Hypothese der Beschaffenheit des Inneren der Erde die Summe der Abplattung und der Vermehrung der Schwere vom Aequator zum Pole* $\frac{5}{2}$ *des Verhältnisses der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator beträgt.*

CLAIRAUT beschränkte seine Untersuchungen auf die elliptische Gestalt. Die späteren Geometer haben die Frage weiter

---

1 Phil. Nat. princ. ed. Le Seur et Jacquier. III. 247. Mc. Laurin Treatise of Fluctions ch. XIV. II. §. 686 ff. Vergl. BOHNENBERGER Astron. a. a. O.

2 Phil. Trans. 1737. T. XL. p. 19.

3 Théorie de la figure de la Terre, tirée des principes d' Hydrostatique. Par. 1743. 8. Gehaltvolle Untersuchungen über diesen Gegenstand enthält auch P. FRISII Disquisitio math. in causam physicam figurae et magnitudinis telluris nostrae. Mil. 1752. TIMMERMAN's diss. de figura Terrae. Gandae 1822. 4.

ausgedehnt, nämlich ob auch andere Formen der Bedingung des Gleichgewichts Genüge leisten. D'Alembert[1] behandelte diesen Gegenstand zuerst 1754 und 56, ist aber in seiner Darstellung zu wenig klar und bestimmt. Sowohl umfassender als auch gründlicher sind die Untersuchungen von Le Gendre[2] und insbesondere La Place[3]. Beide vereinigen sich in dem Resultate, dafs die Gestalt eines elliptischen Sphäroids, durch Umschwung um die kleine Axe entstanden, den Bedingungen des Gleichgewichts allein Genüge leistet. Die Zeit der Rotation der Erde ist gegenwärtig eine bestimmte, und hat sich seit Hipparch's Zeiten nach La Place um keine mefsbare Gröfse geändert. Sie würde aber eine merkliche Veränderung erlitten haben, wenn sich ihre Temperatur um eine bedeutende Gröfse geändert hätte, weswegen bei der Bestimmung dieser Rotation und der dadurch erzeugten Schwungkraft, folglich auch der Abplattung, diese Bedingung in Betrachtung kommt. Nicht minder ist die Dichtigkeit der einzelnen Schichten des elliptischen Erdsphäroids gleichfalls zu berücksichtigen. Die Gröfse der Abplattung hängt dann vom Coefficienten der Dichtigkeit ab, und beträgt nach den Bestimmungen von Le Gendre $\frac{1}{306,6}$. Wenn man aber nach La Place sich die Erde aus Wasser bestehend denkt, und annimmt, dafs die Zunahme der Dichtigkeit der Stärke des Druckes der Länge der drückenden Säule proportional ist, den Coefficienten der Zusammendrückung des Wassers aber aus Canton's Versuchen nimmt (nach La Place = 0,000044 für 1 Atmosphäre), so beträgt die Abplattung $\frac{1}{359,54}$ und der Werth von $\frac{y}{x}$ nach der oben gewählten Bezeichnung 0,00587, welches mit den Beobachtungen nicht übereinstimmt[4].

Ganz zuletzt ist diese Frage mit Rücksicht auf die vorhergehenden Untersuchungen La Place's untersucht durch Ivory[5],

1 Opuscules math. Par. 1768.

2 Mém. de l'Acad. 1784 u. 1789. p. 372.

3 Mém. de l'Acad. 1783 u. 1785. Méc. Cél. T. II. Liv. III. ch. 3. T. V. L. XI. ch. II. p. 22.

4 La Place Méc. Cel. V. 53.

5 Phil. Mag. LXVI. 321 ff. Vergl. Phil. Tr. 1824. p. 85. Poisson über diese Abhandlung in Ann. Chim. et Ph. XXX. 225.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

welcher zugleich auf den Umstand aufmerksam macht, dafs die Pendelversuche SABINE's, welche mit Recht, als die umfassendsten und genauesten Versuche dieser Art anzusehen sind, und als das beste Mittel zur Bestimmung der Gestalt der Erde im Allgemeinen gelten müssen, die Abplattung $= \frac{1}{289}$, also genau so grofs als das Verhältnifs der Schwungkraft zur Schwere an der Erdoberfläche geben. Unter der Voraussetzung eines früheren flüssigen Zustandes der Erde folgt aus dem Verhältnisse der Abplattung zur Schwungkraft, dafs von der einen Seite weder eine gleichmäfsige Dichtigkeit vom Centro bis zur Oberfläche anzunehmen sey, weil sonst die Abplattung genau 1,25 der Schwungkraft betragen müfste, und von der andern Seite, dafs die Schwere nicht in einem einzelnen Puncte vereinigt seyn kann, weil sie sonst 0,5 ausmachen müfste[1]. Die Gröfse der Abplattung fällt zwischen diese beiden Werthe, und es läfst sich hieraus folgern, dafs die ursprünglich flüssige Erde aus Schichtungen von abnehmender Dichtigkeit vom Mittelpuncte an gerechnet bestehen kann. Zugleich beweiset die aus SABINE's Beobachtungen hervorgehende regelmäfsige Ungleichheit der Schwere auf der Erdoberfläche, dafs eine regelmäfsige Lagerung der Schichten von ungleicher Dichtigkeit beim flüssigen Zustande der Erde erfolgt sey, woraus dann wieder auf diesen ursprünglichen Zustand mit vielem Grunde geschlossen werden mufs. Eine gröfsere Dichtigkeit der inneren Erdschichten folgt übrigens schon aus dem Drucke, welchem dieselben unterliegen[2]. Schon CLAIRAUT suchte die Abplattung mit dem Gesetze der abnehmenden Dichtigkeit als Folge des Druckes in Uebereinstimmung zu bringen, ohne zu einem genügenden Resultate zu gelangen. LEGENDRE[3] und ihm folgend LA PLACE[4] nehmen an, wie gezeigt ist, dafs die Vermehrung des Druckes dem Quadrate der dadurch erzeugten Dichtigkeit proportional ist,

---

1 Vergl. die oberen Bestimmungen von NEWTON und HUYGENS.

2 Vergl. Dan. Bernouille Traité sur le Flux et Reflux de la Mer. ch. IV. §. 12.

3 Mém. de l'Acad. 1789. p. 372. La Place a. a. O.

4 Eine ältere gehaltvolle Abhandlung, wie die Gestalt der Erde durch die verschiedenen Mittel bestimmt werden kann, von de la Place findet man in Mém. de l'Ac. 1783. p. 133 ff.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

welches Gesetz nsch dem letzteren mit der Gestalt der Erde und ihrer mittleren Dichtigkeit übereinstimmen soll[1]. Ivory nimmt diese Bedingung in seinen Calcül auf, und findet dann die Abplattung mit Sabine's Messungen übereinstimmend $=\frac{1}{289}$. Wird dann die mittlere Dichtigkeit der Erde $=5{,}48$ angenommen, so findet er die der äufseren Rinde $=2{,}88$, welches ohngefähr die mittlere der Bestandtheile des Berges *Shehallien* ist. Aus den theoretischen Untersuchungen über die durch vermehrten Druck nach dem Mittelpuncte hin zunehmende Dichtigkeit folgt dann weiter, dafs die Vermehrung des Druckes, welche zur Hervorbringung einer gleichen Zunahme der Dichtigkeit erforderlich ist, stets wachsen müsse. Ivory findet dieses mit der Erfahrung nicht übereinstimmend, wonach bei geringen Pressungen die wachsenden Dichtigkeiten dem vermehrten Drucke direct proportional zu seyn pflegen; allein dieses gilt blofs von flüssigen, nicht aber von festen Körpern, und ob es auch für flüssige ganz allgemein gelte, ist noch fraglich. Im Ganzen hält Ivory indefs die Formeln, welche auf die Hypothesen einer den Quadraten des Abstandes von der Oberfläche an proportional wachsenden Dichtigkeit und des von La Place angenommenen Gesetzes des Druckes gegründet sind, nicht für zureichend, um damit die Ellipticität und die Dichtigkeit an der Oberfläche genau zu finden.

E. Gestalt der Erde nach astronomischen Bestimmungen, hauptsächlich den Mondsgleichungen.

Dieses rein astronomische Problem kann hier blofs angedeutet, und das daraus erhaltene Resultat kurz angegeben werden. Wirkte die Anziehung des Mondes gegen die Erde als kugelförmig gedacht, so müfste sie gegen jeden einzelnen Punct derselben gleich seyn. Findet dagegen eine Verschiedenheit der Länge der Axe und des Durchmessers der Erde statt, so mufs auch die Anziehung des Mondes gegen die einzelnen Puncte derselben verschieden seyn, und hieraus ein Einflufs auf die

---

1 Méc. cél. livr. XI, chap. 2. §. 6. Vergl. Th. Young in Connaiss. de Tems. 1822.

Nutation aus dem Stande des Mondes folgen. v. Lindenau[1] findet hiernach aus 800 vollständigen Beobachtungen des Polarsternes die Abplattung $= \frac{1}{315{,}82}$, welches man bei der Schwierigkeit des ganzen Problemes als ein hinlänglich genähertes Resultat ansehen kann. Aber auch die Parallaxe des Mondes mufs nach seinem verschiedenen Stande Unterschiede zeigen, wenn die Erde nicht völlig kugelförmig ist, und hieraus müssen Ungleichheiten sowohl in seiner Länge als auch in seiner Breite hervorgehen. La Place, welcher die Ursache dieser Ungleichheiten zuerst auffand[2], berechnete aus den genauen Beobachtungen von Burg die Gröfse der Abplattung $= \frac{1}{305{,}5}$ und $\frac{1}{304{,}6}$, welche genaue Uebereinstimmung bei der Feinheit der astronomischen Werkzeuge und Messungen allerdings grofses Zutrauen verdient[3]. Nach der letzten Revision der beiden Ungleichheiten in der Länge und Breite des Mondes, wobei viele Tausende von Beobachtungen von Burg, Bouvard und Burckhardt benutzt sind, findet La Place[4] die Abplattung der Erde $= \frac{1}{299{,}1}$ wodurch sich also auch dieser Werth dem durch Sabine gefundenen mehr nähert, aus den drei Mitteln der Messung aber, nämlich aus Pendelschwingungen, Gradmessungen und Mondsgleichungen ist sie nach ihm $= \frac{1}{306{,}7}$, wobei aus der geodätischen Operation in Frankreich für sich allein $\frac{1}{308{,}6}$ hervorgeht.

F. Schlufsbemerkungen.

Ueberblicken wir jetzt nochmals die sämmtlichen Resultate,

---

1 Astron. Jahrb. 1820. p. 212. Le Gendre in Mém. de l'Acad. 1789. p. 424 fand aus astronomischen Messungen $\frac{1}{318}$.

2 Mém. de l'Ac. 1783. Vergl. La Lande ebend. 1785. Le Gendre ebend. 1789. p. 424. La Place Syst. du Monde II. 89.

3 La Place Méc. Cél. T. III. p. 282. Vergl. Bohnenberger Astron. p. 590 u. a.

4 Méc. Cél. T. V. p. 13 und 43.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

welche wir als Bestimmungen der Excentricität des Erdsphäroids auf den verschiedenen Wegen erhalten haben, so führt dieses zu folgenden Betrachtungen.

1. Die unter A aufgezählten und in Rechnung genommenen verschiedenen Breitengradmessungen haben von der Seite betrachtet, dafs sie allein oder in Verbindung mit der unter B angegebenen Längengradmessungen die absolute Gröfse der Erde geben, einen unersetzlichen Werth. In Beziehung auf die dadurch gefundene Abplattung deuten sie sämmtlich auf eine geringere, als welche die Pendelbeobachtungen geben. Man übersieht allerdings bald, dafs gar leicht Fehler dabei begangen seyn können, allein wenn auch die genauesten aus allen ausgesucht werden, und bei der höchst wahrscheinlichen Voraussetzung, dafs die Fehler eben so gut auf die eine als auf die andere Seite fallen, und sich sonach ausgleichen müssen, bleibt es doch auf allen Fall höchst merkwürdig, dafs die Abplattung nach ihnen ohne willkührliche Aenderungen nicht höher hinaufgebracht werden kann, als zu $\frac{1}{305}$. An sich ist die Differenz so bedeutend nicht, wenn angenommen wird, dafs die durch Pendellängen gefundene Abplattung die richtige sey, vielmehr liegt das Auffallende nur in dem Constanten des niedrigeren Werthes. Inzwischen läfst sich erwarten, dafs es hiermit eben so, als mit den Resultaten aus Pendelschwingungen gehen wird, welche denen aus Gradmessungen erhaltenen so lange gleich kamen, bis Sabine mit geeigneten Werkzeugen und der erforderlichen Genauigkeit einen sehr grofsen Bogen mafs. Hierzu berechtigt unter andern auch der Umstand, dafs der in Frankreich gemessene Bogen mit dem lappländischen verglichen die Abplattung genau so grofs giebt, als Sabine dieselbe aus den Pendellängen bestimmt hat. Dabei darf nicht übersehen werden, dafs die Resultate aus gemessenen Längengraden zwar keineswegs sehr zuverlässig sind, im Allgemeinen aber doch für die Richtigkeit der durch Sabine gefundenen Abplattung entscheiden. Es ist daher höchst wünschenswerth und in England auch schon in Vorschlag gebracht, dafs auf gleiche Weise nochmals zwei Breitengrade, einer unter dem Aequator und einer auf Spitzbergen so genau gemessen werden mögen, dafs entweder die jetzt noch bestehende Differenz ganz aufgehoben, oder fest begründet

werde, um dann erst der Ursache derselben ernstlich nachzuspüren.

2. Es ist um so wünschenswerther, dafs die jetzt bestehende Differenz der Resultate beseitigt werde, da sie früher nicht statt fand. La Place hat nämlich vor noch nicht langer Zeit gezeigt, dafs nach den neueren Revisionen die verschiedenen Messungen die Abplattung im Mittel sehr übereinstimmend $= \frac{1}{306{,}75}$ oder in runder Zahl $\frac{1}{306}$ geben, worin damals die geodätischen Messungen, Pendelbestimmungungen und Ungleichheiten der Mondsbewegungen übereinkamen [1]. Gegenwärtig ist indefs der Standpunct der Sache ein anderer, und wir müssen vielmehr sagen, dafs $\frac{1}{306}$ und $\frac{1}{289}$ die beiden äufsersten Grenzen sind, zwischen welche die Ellipticität fällt. Das Verhältnifs beider ist 15 : 16, welches allerdings noch grofs genug ist, wenn man die aufserordentlichen Bemühungen erwägt, welche auf dieses Problem verwandt sind. Werden aber auf der andern Seite die Schwierigkeiten gehörig gewürdigt, welche einer noch gröfseren Uebereinstimmung im Wege stehen, so sagt Ivory mit Recht, dafs auch die schon errungene Uebereinstimmung Bewunderung erregen mufs [2].

3. Bei verschiedenen Bezeichnungen und Messungen auf der Erdoberfläche kommt die Gröfse der Excentricität als wesentliches Element in Betrachtung, und es entsteht daher die Frage, welche von den beiden Bestimmungen oder ob das Mittel aus beiden hierbei gewählt werden soll. Obgleich hierüber keine Gewifsheit gegeben werden kann, auch die geodätischen Messungen in Verbindung mit den astronomischen Bestimmungen keineswegs unwichtig sind, so fällt doch nach Wahrscheinlichkeitsgründen das Uebergewicht so sehr auf die durch Pendellängen erhaltene Bestimmung, dafs es vor der Hand und bis zur definitiven Entscheidung am rathsamsten ist, diese Gröfse als die muthmafslich richtige allein beizubehalten.

---

1 G. LXIX. 344. Mém. de l'Ac. 1817. T. II. p. 137. 1818. T. III. p. 489.

2 Phil. Mag. LXVI. 323.

III. Dimensionen der Erde und ihrer Oberfläche.

Wäre die Erde eine vollkommene Kugel, so würde blofs erforderlich seyn, den Halbmesser derselben auf irgend eine Weise zu finden, und vermittelst dessen ihren Inhalt, ihre Oberfläche und die Theile auf derselben zu bestimmen. Es ist indefs im vorigen Abschnitte so gut als erwiesen, dafs die Erde die Gestalt eines regelmäfsigen elliptischen Sphäroids habe, welches durch Umdrehung um die kleine Axe der Ellipse entstanden ist, und diese Form mufs daher auch bei den Bestimmungen ihrer Dimensionen zum Grunde gelegt werden. Man darf sich also hierbei blofs an die einfache Construction der Ellipse halten, wie sie oben im Abschnitte II. zur Bestimmung der Abplattung aus gemessenen Breitengraden mitgetheilt ist, um hieraus die in dem Folgenden zu suchenden Gröfsen zu entnehmen.

Man nimmt gewöhnlich an, der Durchmesser der Erde betrage 1719 und ihr Umfang 5400 geographische Meilen. Diese für die gewöhnlichen Berechnungen hinlänglich genäherten Gröfsen sind für schärfere nicht genau genug, und es ist daher erforderlich, von sicherern Bestimmungen auszugehen. Als solche können wir die gefundene Abplattung $= \frac{1}{289,1}$ ansehen. Diese Verhältnifszahl giebt uns aber keine der wirklichen Gröfsen auf unserer Erde, sondern hierzu bedürfen wir einer eigentlichen Messung. Indem aber oben gezeigt ist, dafs keine der dort berechneten Messungen mit dieser Abplattung völlig übereinstimmt, mithin auch nicht als absolut genau betrachtet werden kann, so fragt sich, welche derselben als der Wahrheit am nächsten kommend bei den Berechnungen zum Grunde gelegt werden kann. Unter allen gemessenen Graden geben der mittlere in Frankreich gemessene und der Lappländische eine der aus Pendelschwingungen bestimmten am nächsten kommende Abplattung, und weil unter diesen der Französische am zuversichtlichsten als richtig angenommen werden kann, so ist es am rathsamsten, diesen bei den Berechnungen zum Grunde zu legen. Aus der ganzen Messung in Frankreich folgt aber die Länge eines Grades unter $44° 51' 2'',83 = 57006,14$ Toisen, und es kann also von der Wahrheit nicht merklich abweichen, wenn die Länge des Grades unter $45°$ N. B $= 57007$ Toisen in runder Zahl

angenommen wird. Es ist aber oben (No. II.) nach den Eigenschaften der Ellipse gezeigt, dafs wenn p den halben Parameter der grofsen Axe, N die Normale an den Punct M des elliptischen Bogens, R den Krümmungshalbmesser für diesen Punct bezeichnet, Fig. 170.

$$R = \frac{p}{(1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \text{ lat.})^{\frac{3}{2}}}$$

sey. Es ist aber nach der Natur des Kreises der Halbmesser r für einen gegebenen Bogen G,

$$r = \frac{180}{\pi} G;$$

folglich ist, wenn a den halben Durchmesser, b die halbe Axe bezeichnet

$$p = \frac{b^2}{a} = \frac{180}{\pi} G\,(1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \text{ lat.})^{\frac{3}{2}}$$

und also

$$a = \frac{180}{\pi} G. \frac{a^2}{b^2} (1 - e^2 \text{ Sin.}^2 \text{ lat.})^{\frac{3}{2}}$$

Um hieraus a zu finden, wird die im vorigen Abschnitte gewählte Bezeichnung beibehalten, wonach $\frac{a^2 - b^2}{a^2} = e^2$ ist.

Hiernach wird

$$1 - e^2 = \frac{b^2}{a^2} \text{ also } e^2 = 1 - \frac{b^2}{a^2}.$$

Es ist aber $1 - \frac{b}{a} = \frac{1}{289,1}$ .....

$$1 + \frac{b}{a} = 2 - \frac{1}{289,1} = \frac{577,2}{289,1}$$

$$e^2 = 1 - \frac{b^2}{a^2} = \frac{577,2}{83578,81}; \quad \frac{a^2}{b^2} = \frac{83578,81}{83001,61}$$

Hiernach ist

2. log. Sin. 45° = 9,6989700
log. e^2 = 0,8392301 — 3

log. = 0,5382001 — 3 giebt 0,003453028

$\frac{1}{2}\log.(1-e^2\,\text{Sin.}^2\,45°) = 0{,}9977465 - 1$

$\log.\frac{a^2}{b^2} = 0{,}0030096$

$\log. 57007 = 4{,}7559282$

$\log. 180 = 2{,}2552725$

$\text{c. ar. log.}\,\pi = 9{,}5028500 - 10$

$\log. a = 6{,}5148068$ giebt 3271952 Toisen.

Wird mit diesem Halbmesser der Umfang des Aequators berechnet, und angenommen, dafs 15 geographische Meilen[1] auf einen Grad im Aequator gehen, so beträgt

Ein Grad im Aequator	57106,33 Toisen
Eine geographische Meile	3807,09 Toisen
oder	22842,54 Par. Fufs
Der Durchmesser der Erde	1718,834 Meilen
Der Umfang der Erde	5400 Meilen

Es ist ferner die Länge eines elliptischen Bogens $= s$ vom Aequator bis zur Breite $= l$ genommen

$$s = a\pi\frac{1}{180}\left(1 - \frac{1}{4}e^2 - \frac{3}{64}e^4 - \frac{45}{2304}e^6 - \ldots\right)$$
$$- a\left(\frac{3}{4}e^2 - \frac{3}{64}e^4 - \frac{45}{2304}e^6 - \ldots\right)\text{Sin.}\,l.\,\text{Cos.}\,l$$
$$- \frac{3}{2}a\left(\frac{5}{16}e^4 - \frac{5}{576}e^6 - \frac{175}{36864}e^8 - \ldots\right)\text{Sin.}^3 l.\,\text{Cos.}\,l$$
$$- \frac{15}{8}a\left(\frac{7}{36}e^6 - \frac{7}{2304}e^8 - \ldots\right)\text{Sin.}^5 l.\,\text{Cos.}\,l$$
$$- \frac{35}{16}a\left(\frac{9}{64}e^8 - \ldots\right)\text{Sin.}^7 l.\,\text{Cos.}\,l$$
$$- \text{etc.}$$

Wird hierin $l = 90°$ genommen, also für einen ganzen Quadranten, so fallen alle Glieder aufser dem ersten weg, weil $\text{Cos.}\,l = 0$ ist. Man findet hiernach den Halbmesser eines Kreises, dessen Umfang dem elliptischen Meridiane gleich ist

$$R = a\left(1 - \frac{1}{4}e^2 - \frac{3}{64}e^4 - \ldots\right)$$

---

1 Die geographische Meile heifst auch *deutsche* Meile, weil die Niederländischen oder Deutschen Schiffer sie zuerst bei der Verzeichnung der See- und Land-Charten gebrauchten. S. J. T. Mayer praktische Geometrie IV. 118.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Gewöhnlich findet man diesen, indem man $R = \frac{a+b}{2}$ nimmt, welches nur unbedeutend abweicht, auch kann man den Krümmungshalbmesser, welcher dem 45sten Grade der Breite zugehört, und aus der Formel $R = \frac{180}{\pi} G$ gefunden wird, wenn G die Länge eines Grades unter 45° B. bezeichnet, als den Halbmesser eines solchen Kreises nehmen, jedoch weicht dieser etwas mehr ab. Endlich ist der Halbmesser einer Kugel von gleichem Inhalte mit einem elliptischen Sphäroide, dessen halber Durchmesser $= a$ und halbe Axe $= b$ ist; $r = a\sqrt[3]{\frac{b}{a}}$, oder der Inhalt des letzteren ist $J = \frac{4}{3} \pi a^2 b$. Nach diesen Formeln sind die folgenden Werthe für das Ellipsoid der Erde bei einer Abplattung $= \frac{1}{289,1}$ berechnet[1].

Halber Durchmesser	3271952 Toisen.
Halbe Axe	3260634 —
Krümmungshalb. für 45°	3266260 —
$\frac{a+b}{2}$	3266293 —
Halbmesser eines Kreises, welcher mit dem Meridiane von gleicher Gröfse ist	3266295 —
Halbmesser einer Kugel von gleichem Inhalte als das Ellipsoid	3268175 —
Länge eines Meridians	5390,668 Meilen
Länge eines Quadranten[2]	1347,667 —
Inhalt der Erde nahe genau	2650686000 Cub. M.

Die Oberfläche eines an den Polen zusammengedrückten Sphäroids ist mit Beibehaltung der angenommenen Bezeichnungen[3]

---

1 Vergl. Bohnenberger Astronomie S. 208. Dort wird jedoch die Abplattung $\frac{1}{305}$ zum Grunde gelegt, und daher sind die gefundenen Gröfsen verschieden.

2 Der zehnmillionste Theil hiervon beträgt 443,291 Par. Lin. Vergl. *Mafs*.

3 Klügel Math. Wörterbuch. IV. 393.

$$2\pi a^2\left(1+\frac{1-e^2}{2e}\text{ log. nat. }\frac{1+e}{1-e}\right)$$

und durch Entwickelung in Reihen

$$4\pi a^2\left(1-\frac{1}{3}e^2-\frac{1}{15}e^4-\frac{1}{35}e^6-\frac{1}{63}e^8-\ldots\right)$$

Hiernach berechnet ist die Oberfläche der Erde = 9260500 Quad. Meilen. Die Oberfläche einer Kugel, deren Radius dem halben Durchmesser gleich wäre, würde 9281920 Quad. Meilen, und die einer Kugel vom Halbmesser der kleinen Axe 9217817 Quad. Meilen betragen.

Es ist ferner oben[1] gezeigt, dafs, wenn g einen Grad des Meridians unter dem Aequator bezeichnet, G dagegen einen Grad unter der Breite $=\psi$, so ist

$$g = G(1-e^2\,\text{Sin.}^2\psi)^{\frac{3}{2}}$$

$$\text{und } G = \frac{g}{(1-e^2\,\text{Sin.}^2\psi)^{\frac{3}{2}}}$$

Wird hiernach aus der Länge des Grades unter 45° N.B. = G die Länge eines Grades im Meridiane unter dem Aequator gesucht, so beträgt dieser 56712 Toisen. Nach diesem Werthe sind die unten folgenden Gröfsen der Grade von 5 zu 5 Graden berechnet. Es ist ferner bei einer Kugel vom Halbmesser = R der Radius r, womit die dem Aequator parallelen Kreise unter der Breite $=\psi$ beschrieben werden, $r = R.\,\text{Cos.}\,\psi$. Für ein elliptisches Sphäroid ist aber auf gleiche Weise dieser Radius $\varrho = N\,\text{Cos.}\,\psi$, wenn N die Normale auf die kleine Axe bezeichnet. Es verhalten sich aber, wie oben gezeigt ist, die Normalen, wie die Cubikwurzeln der Meridiangrade, also

$N:N' = \sqrt[3]{g}:\sqrt[3]{G}$ da sich die Meridiangrade wie die zugehörigen Krümmungshalbmesser verhalten. Unter dem Aequator aber ist $N = a$ folglich ist $a:N = \sqrt[3]{g}:\sqrt[3]{G}$ folglich $N = a\sqrt[3]{\frac{G}{g}}$, und da die Grade der mit dem Aequator parallelen Kreise sich verhalten wie die Halbmesser, so sind die Grade in den Parallelen auf der Kugel, wenn γ die Länge eines solchen Grades im

---

1 S. N. II. A. Formel 3 u. 4.

Aequator bezeichnet; $\gamma' = \gamma \cos.\psi$; für das Ellipsoid aber ist $\gamma'' = \gamma' \sqrt[3]{\frac{G}{g}}$, wonach die folgenden Werthe berechnet sind[1].

Breite	Grade im Meridian		Grade im Parallel	
	Toisen	Meilen	Toisen	Meilen
0	56711,96	14,896	57106,33	15,000
5	56716,44	14,897	56890,51	14,943
10	56729,70	14,901	56244,63	14,773
15	56751,34	14,907	55173,25	14,492
20	56780,75	14,914	53684,07	14,101
25	56817,07	14,924	51787,86	13,603
30	56859,15	14,935	49498,27	13,002
35	56905,80	14,947	46832,00	12,301
40	56955,57	14,960	43808,53	11,507
45	57007,00	14,974	40450,17	10,625
50	57058,46	14,987	36781,85	9,661
55	57108,46	15,000	32831,00	8,623
60	57155,41	15,013	28627,40	7,519
65	57197,94	15,024	24202,92	6,357
70	57234,70	15,034	19591,34	5,146
75	57264,54	15,041	14828,05	3,895
80	57286,54	15,047	9949,79	2,613
85	57300,04	15,051	4994,29	1,312
90	57304,51	15,052	0,00	0,000

Ausführlichere Tabellen dieser Art werden zum Verzeichnen der Landcharten berechnet. Die Differenz der Längen der Meridiangrade ist zwar zu unbedeutend, als dafs sie auf dem Papiere ausgedrückt werden könnte, die Längengrade aber, welche insbesondere bei grofsen Ländertheilen bedeutend verschieden sind, werden dann nach solchen Tabellen aufgetragen[2].

Es ist oben die Länge des Quadranten der Erde gefunden. Nimmt man hiervon den 324000sten Theil, oder den Bogen, welcher einer Secunde zugehört, so beträgt dieses 95,484 Par. F.; wird aber die Gröfse eines Grades unter dem 45sten Grade der Breite

---

1 Vergl. G. G. Schmidt Naturlehre II. S. 602. §. 803. Ausgabe 1813.

2 S. J. T. Mayer vollständige und gründliche Anweisung zur Verzeichnung der Land - See - und Himmelscharten und der Netze zu Coniglobien und Kugeln u. s. w. Der practischen Geometrie 4ter Th. Erlangen 1815. S. 125. Puissant Traité de Géodésie. Par. 1819. 2 Vol. 4. Die Tabellen am Ende des ersten Th.

zu 57007 Toisen bei dieser Bestimmung zum Grunde gelegt, so beträgt der Bogen für eine Secunde 95,012 Par. F. Man darf also im genäherten Werthe annehmen, dafs der Polarstern um 1″ im Bogen höher herauf kommt oder tiefer herabsinkt, wenn man sich 95 F. weiter nach Norden oder nach Süden bewegt, und allgemein wird sich im Mittel die Polhöhe oder die Breite für diese Entfernung im Meridiane um 1″ ändern. Für die ungleichen Gröfsen der Längengrade im Parallele läfst sich eine solche allgemeine Bestimmung nicht geben. Nehmen wir aber nach der oben gegebenen Bestimmung die Gröfse eines Grades im Parallel unter 50° der Breite = 36781,85 an, so kommen auf einen Bogen von 1″ nur 61,3 Par. F. und da 15 Sec. im Bogen auf 1 Sec. in Zeit gehen, so wird bei einer Entfernung von 920 Par. F. unter dieser Breite die Zeit um 1 Sec. differiren. Hieraus ergiebt sich, dafs in grofsen Städten an den äufseren Enden in der Richtung von O. nach W. die Uhren genau genommen nicht bis auf Secunden übereingehen können, wenn man verlangt, dafs beide richtig gehen sollen, desgleichen mufs die Polhöhe in der Richtung von N. nach S. um mehrere Secunden verschieden seyn. Indem endlich der Winkel, welchen die Tangente an einem Kreise mit diesem Kreise macht, der Hälfte des Winkels am Mittelpuncte gleich ist, so mufs die Horizontalfläche bei der Erde, wenn sie als kugelförmig gedacht wird, für eine Entfernung von 95 F. um $\frac{1}{2}$ Sec. herabsinken. Dieses kommt beim Nivelliren in Betrachtung, und überhaupt bei verschiedenen Messungen, weswegen man für diesen Zweck Tabellen verfertigt, welche nach diesem Mafse berechnet sind.

So wie bei der bedeutenden Abplattung der Erde die ganze Oberfläche derselben von derjenigen nicht unmerklich abweicht, welche einer Kugel vom mittleren Halbmesser zwischen dem halben Durchmesser und der halben Axe zugehört, so ist dieses auch bei den einzelnen Kugelzonen der Fall. Inzwischen kann man ohne bedeutenden Fehler annehmen, dafs die einzelnen Zonen den Sinussen der Breite, zwischen denen sie liegen, direct proportional sind, wie dieses bei einer Kugel der Fall seyn würde. Heifst also die oben angegebene ganze Oberfläche des Ellipsoids S, so ist die um den Pol liegende, durch den Parallel unter der Breite ψ abgeschnittene Zone

$= \frac{1}{2} S (1 - \text{Sin. } \psi)$ und der Theil vom Aequator bis zur glei-

chen Breite $= \frac{1}{2}$ S. Sin. ψ. Diesemnach ist eine zwischen den Parallelen unter der Breite φ und ψ liegende Zone $= \frac{1}{2}$ S (Sin. φ — Sin. ψ). Hiernach findet man, die halbe Oberfläche wie oben angenommen,

die halbe äquatorische Zone	=	1947293	Quad. M.
die gemäfsigte —	—	2399907	— —
die kalte —	—	384050	— —

Diese Gröfsen können aber wegen der bedeutenden Abplattung nicht genau seyn. Will man dagegen die Gröfse einer einzelnen Erdzone mit Rücksicht auf die elliptische Gestalt genau finden, so kann man sich der folgenden bequemen Formel bedienen[1]. Behält man die Bedeutungen von a und b bei, nennt $\frac{a-b}{a+b} = m$, und heifst der Grad der Breite, bis an welchen die Zone gemessen werden soll, φ, die Kugelzone $= Z$, so ist:

$$Z = 2\pi a^2 \left(\frac{1-m}{1+m}\right)\left(\text{Sin. } \varphi - \frac{1}{3} m\,(2+m)\,\text{Sin. } 3\varphi + \frac{1}{5} m^2 (3+2m)\,\text{Sin. } 5\varphi - \frac{1}{7} m^3 (4+3m)\,\text{Sin. } 7\varphi + \ldots\right)$$

Für die angenommene Abplattung ist

$\frac{b}{a} = \frac{1-m}{1+m} = \frac{288{,}1}{289{,}1}$ und $m = \frac{1}{577{,}2}$, wonach also

$$\begin{aligned} Z = 2\pi a^2 \,(&0{,}996540982359\ \text{Sin. } \varphi \\ &- 0{,}001156001720\ \text{Sin. } 3\varphi \\ &+ 0{,}000001803018\ \text{Sin. } 5\varphi \\ &- 0{,}000000002911\ \text{Sin. } 7\varphi \\ &+ \text{etc.}\ldots.) \end{aligned}$$

Wird hierin $\varphi = 90°$, so giebt die Formel die halbe Oberfläche. Diesemnach ist die ganze Oberfläche

$O = 4\pi a^2\,(0{,}997698790008) = 9260500$ Quad. Meilen, wie oben.

---

1 S. Klügel math. Wörterbuch, fortgesetzt von Mollweide IV. 398. Die Formel ist daselbst ausführlich abgeleitet, und mit andern verglichen. Aehnliche Formeln und Berechnungen der Erde als Kugel und Sphäroid nach Hectaren findet man bei Puissant a. a. O. I. 330 ff.; Pasquich's Formel zur Berechnung der Erdzonen in Mon. Cor. I. 183. Vergl. IX. 301.

Nennt man aber die Coefficienten von Sin. φ; Sin. 3φ; u. s. w. $=$ A; B; C; D; so ist

$\log. A = 0{,}9984952 - 1$
$\log. B = 0{,}0629585 - 3$
$\log. C = 0{,}7783774 - 7$
$\log. D = 0{,}8619231 - 10$

Sollte eine zwischen den Parallelen unter den Breiten φ und ψ liegende Zone gesucht werden, so würde Z′ die bis zur Breite $= \psi$ reichende Zone vom Aequator an gerechnet, nach der nämlichen Formel gefunden werden, die zwischenliegende Zone aber dem Unterschiede beider gleich seyn. Man könnte daher jede für sich berechnen, und die eine von der andern abziehen, oder da Sin ψ — Sin. $\varphi = 2$ Sin. $\frac{1}{2}(\psi - \varphi) \times$ Cos. $\frac{1}{2}(\psi + \varphi)$ ist, so darf man nur in die Formel setzen

statt Sin. φ; 2 Sin. $\frac{1}{2}(\psi - \varphi)$ Cos. $\frac{1}{2}(\psi + \varphi)$
statt Sin. 3φ; 2 Sin. $\frac{3}{2}(\psi - \varphi)$ Cos. $\frac{3}{2}(\psi + \varphi)$
statt Sin. 5φ; 2 Sin. $\frac{5}{2}(\psi - \varphi)$ Cos. $\frac{5}{2}(\psi + \varphi)$
statt Sin. 7φ; 2 Sin. $\frac{7}{2}(\psi - \varphi)$ Cos. $\frac{7}{2}(\psi + \varphi)$

Werden nach dieser Formel die oben angegebenen, durch die Wendekreise und die Polarkreise abgeschnittenen Zonen berechnet, und nimmt man die Schiefe der Ekliptik, wie gewöhnlich, in runder Zahl $= 23{,}5$ Grade an; so dafs die äquatorische Zone auf jeder Seite des Aequators bis 23° 30′, die gemäfsigte bis 66° 30′ die kalte von dort bis an den Pol reicht, so beträgt

die halbe äquatorische Zone 1839123 Quad. M.
— ganze — — — 3678246 — —
die gemäfs. — — — 2403988 — —
die kalte — — — 387139 — —

Die beiden gemäfsigten Zonen zusammen betragen also den gröfsten Theil der Erdoberfläche, und 355452 Quad. M. mehr als die heifse und die beiden kalten zusammengenommen[1]. Leicht kann hiernach der Inhalt eines Theiles einer Zone gefunden werden, welcher zwischen gegebenen Parallelen und Meridianen eingeschlossen ist, wenn man den Inhalt der ganzen Zone

---

1 Die Ausmessung einzelner Theile der Erdoberfläche mit Rücksicht auf ihre ellipsoidische Gestalt gehört zur höheren Geodäsie, und wird hier billig übergangen. M. s. aufser den angeführten Werken von Puissant u. Mayer nach Späth höhere Geodäsie. München 1816.

ucht, diesen mit der Zahl der Grade der einschliefsenden Parallele multiplicirt und durch 360 dividirt.

Die Lage der Oerter auf der Oberfläche der Erde wird durch den Meridian und den Parallel bestimmt, in welchen sie liegen. Jenes heifst die *Breite*, dieses die *Länge* derselben, wie oben schon angegeben ist. Man verfertigt hiernach Tabellen, welche die Länge und Breite der verschiedenen Oerter enthalten, wie solche von Vega[1], Bode[2], vom *Bureau des Longitudes*[3] u. a. zusammengestellt sind. Soll die Entfernung zweier Oerter von einander gefunden werden, so gehört die allgemeine Auflösung dieser Aufgabe, wenn man die elliptisch-sphäroidische Gestalt der Erde berücksichtigt, unter die schwierigeren geometrischen Probleme[4]. Betrachtet man dagegen die Erde als eine Kugel, welches für den gewöhnlichen Gebrauch hinreicht, so gehören hierunter folgende drei leicht zu lösende Aufgaben. 1. Wenn beide Oerter unter dem nämlichen Meridiane liegen, so giebt die Differenz ihrer Polhöhen in Graden, jeden im Mittel zu 15 geographischen Meilen gerechnet, oder die Länge der Grade nach der oben mitgetheilten Tabelle genommen, und jene Differenz mit diesem Factor multiplicirt, die Entfernung bis auf den aus der Interpolation der oben gegebenen Gröfsen entstehenden Fehler genau. 2. Liegen beide Oerter unter dem nämlichen Parallele, so giebt jene Tabelle gleichfalls das Mittel, ihre Entfernung zu berechnen. 3. Liegen dagegen beide unter verschiedenen Breiten und Längen, so kann die Entfernung durch die gesuchte Hypotenuse eines sphärischen Dreiecks bestimmt

---

1 Anhang zu seinen logarithmisch-trigonometrischen Tafeln Th. II.

2 Anleitung zur allgemeinen Kenntnifs der Erdkugel. 2te Aufl. Berl. 1803. S. 261.

3 In der Connaissance des Tems. Viele einzelne zerstreute Angaben finden sich in v. Zach's monatlicher Correspondenz u. s. w., und in der Correspondance astronomique, in Bode's astronomischem Jahrbuche, Schumacher's astronomischen Nachrichten; vorzüglich reichhaltig ist v. Krusenstern Beiträge zur Hydrographie der gröfseren Ozeane u. s. w. Leipz. 1819. 4. Eine genaue tabellarische Zusammenstellung dieser geographischen Bestimmungen wäre zwar schwierig, aber sehr wünschenswerth.

4 Die Linie heifst die *geodätische Linie*. Formeln zur Berechnung derselben findet man bei Puissant a. a. O. II. 237 ff. bei Littrow. Theoretische u. praktische Astronomie. Wien. 1821. II. Th. S. I. 278. Vergl. *Geodäsie*.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

werden. Sind demnach die Breiten derselben φ und ψ, ist der Unterschied der Längen $= \lambda$, heifst ferner $90° - \varphi = \alpha$; $90° - \psi = \beta$; der Bogen des gröfsten Kreises, welcher ihre Entfernung mifst d, so ist im sphärischen Dreieck

$$\text{Cos. d} = \text{Cos. } \alpha. \text{ Cos. } \beta + \text{Sin. } \alpha. \text{ Sin. } \beta. \text{ Cos. } \lambda.$$

Werden die hierdurch gefundenen Grade von Cos. d durch Multiplication mit 15 in Meilen verwandelt, so findet man hierdurch die Entfernung im genäherten Werthe.

IV. Dichtigkeit der Erde.

Theoretische Untersuchungen über die Dichtigkeit der Erde kamen hauptsächlich in Betrachtung bei der Bestimmung ihrer Gestalt nach den mechanischen Gesetzen des Gleichgewichts eines um seine Axe rotirenden Sphäroids mit Rücksicht auf die Abnahme der Schwere von den Polen nach dem Aequator hin, und diese sind daher oben (II. D.) beiläufig erwähnt. Sie können auf keine Weise zur Auffindung der absoluten Dichtigkeit der Erde führen, sondern beziehen sich blofs auf das Verhältnifs der oberen Erdschichten zu den mittleren und unteren. Inzwischen folgt aus ihnen vermittelst sinnreicher Combinationen, dafs die Erde nicht *gleichförmig* dicht seyn kann, weil sonst die Abplattung $\frac{1}{230}$ betragen müfste, wie aus Newton's oben erwähnter Demonstration hervorgeht. Eben dieses folgt aus den gemessenen Pendellängen unter verschiedenen Breiten. Bei einer gleichförmigen Dichtigkeit der Erde müfste sich nämlich der halbe Durchmesser derselben zur halben Axe verhalten wie die Schwere unter dem Pole zur Schwere unter dem Aequator, und da sich die letzteren wie die Längen des einfachen Secundenpendels verhalten, so müfste die Abplattung nach den neuesten Messungen $\frac{1}{192{,}7}$ betragen[1], was weder mit geodätischen Messungen noch mit astronomischen Beobachtungen verträglich ist. Man begreift aber leicht, dafs bei einer gröfseren Dichtigkeit des Erdsphäroids um sein Centrum und dadurch entstehender stärkerer Anziehung die Zunahme der Schwere nach dem Pole hin gröfser seyn mufs, als der vorhandenen Abplattung proportional ist, weil die unter dem Aequator hinzukommende

1 S. oben II. C.

Masse von der stärkeren Anziehung im Mittelpuncte weniger afficirt wird. Wäre dagegen die ganze Anziehungskraft der Erde in ihrem Mittelpuncte vereinigt, so müfste nach Huygens die Schwungkraft auf die im halben Halbmesser derselben liegenden Theile gleichmäfsig wirken, und daher eine der Hälfte dieser Schwungkraft proportionale Abplattung des Sphäroids erzeugen, so dafs diese also $= \frac{1}{2} \times \frac{1}{289,1} = \frac{1}{578}$ betragen würde[1]. Nach den neuesten Pendelversuchen beträgt die Zunahme der Schwere vom Aequator zum Pole $\frac{1}{192,7}$, welches mit dem Verhältnisse der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator verglichen, letztere $= k = \frac{1}{289,1}$ gesetzt, genau $\frac{3}{2}$ k beträgt. Indem aber die Verminderung der Schwere unter dem Aequator eine Folge der Schwungkraft ist, diese aber $= k$ genommen werden mufs, so bleibt als Wirkung der Abplattung $\frac{1}{2}$ k übrig. Hieraus folgt unmittelbar, dafs weder die gesammten Schichten des Erdsphäroids gleichmäfsig dicht seyn können, noch auch dafs die Schwere im Mittelpuncte desselben allein vereinigt anzunehmen sey. Vielmehr mufs das Mittel von diesen beiden Voraussetzungen als richtig angenommen werden, d. h. die einzelnen Schichtungen des elliptischen Erdsphäroids haben eine den Wirkungen der Schwungkraft proportionale Abplattung erhalten, ihre mittlere Dichtigkeit ist aber das Mittel zwischen der gröfsten im Centro und der geringsten an der Oberfläche, oder aber sie nehmen gleichmäfsig von oben nach dem Mittelpuncte hin an Dichtigkeit zu[2].

Eine Zunahme der Dichtigkeit der einzelnen Schichtungen des Erdsphäroids liegt schon als Folge des stärkeren Druckes der gesammten Theile in der Natur der Sache, und ist deswegen bisher von den Physikern allgemein angenommen. Verschiedene grofse Geometer haben es daher auch versucht, die sphäroidische Gestalt der Erde als Folge ihrer Rotation um die kleine Axe und ihre mittlere Dichtigkeit als Folge des Druckes, welchen die einzelnen Schichtungen auf einander ausüben, wech-

1 Vergl. Bohnenberger *Astronomie.* S. 651.

2 Vergl. oben II. D.

selseitig aus einander abzuleiten. Vorzüglich geschah dieses durch LEGENDRE[1], am ausführlichsten durch LA PLACE[2], welcher hierbei theils das Gesetz der Zusammendrückung des Wassers nach CANTON zum Grunde legt[3], theils eine Anwendung desselben auf die Gröfse der Zusammendrückung fester Körper durch eine gegebene Last macht[4]. Dieses führte ihn aber auf die Folgerung, dafs bei einer mittleren Dichtigkeit der äufsern Erdrinde = 2,5 und unter der Veraussetzung, dafs eine dieser ähnlichen Substanz durch eine aus gleicher Masse bestehende Säule von einem Milliontheile der halben Axe an Länge um 5,5345 Milliontheile ihres Volumens zusammengedrückt werden würde, den Resultaten der Messungen Genüge geschehen könne. Wenn man dagegen annähme, dafs sie aus Substanzen bestände, deren Dichtigkeit bei 10° C. durch den Druck einer Wassersäule von 10 Atmosphären Gewicht um 44 Milliontheile vermehrt würde, wie CANTON beim Wasser gefunden hat, so würde die Abplattung $= \frac{1}{360}$, die Zunahme der Pendellänge = 0,0000059 Sin.^{2} lat. und die mittlere Dichtigkeit des ganzen Sphäroids = 9 seyn, was gegen die Erfahrung streitet, und er gelangt daher zu der Ueberzeugung, dafs auf diesem Wege kein sicheres Resultat zu erlangen sey. Auch THOMAS YOUNG[5] hat sich auf diesem schwierigen Felde der analytischen Forschungen versucht, ohne eine vollständige Lösung des dunkeln Problems zu erhalten. Am tiefsten ist LA PLACE[6] und nach dessen Vorgange IVORY[7] in diese Untersuchungen eingegangen. Ersterer legt eine Abplattung $= \frac{1}{306,7}$ zum Grunde, setzt die Dichtigkeit der oberen Erdrinde = 3, welches ohngefähr das spec. Gew. des Granites ist, und findet dann die mittlere Dichtigkeit der Erde = 4,761 mit den Versuchen sehr nahe übereinstimmend. Das spec. Gew. der oberen Erdrinde = 3 könnte man

1 Mém. de l'Ac. 1789. p. 372.
2 Méc. Cél. T. II. L. III. chap. 3.
3 Méc. Cél. T. V. L. XI. ch. II. p. 22.
4 Ann. Chim. Ph. XI. 34.
5 Phil. Tr. 1819. p. 87.
6 Méc. Cél. T. V. p. 46.
7 Phil. Mag. LXVI. 321.

zu grofs finden, wenn man den bedeutenden Wassergehalt der Erde besonders hervorheben wollte. Allein La Place hat anderweitig gezeigt, dafs das Meer nicht sehr tief, im Mittel schwerlich über eine halbe Meile ist, und wollte man dessen Tiefe auch zu einer ganzen Meile setzen, so betrüge dieses erst den 860sten Theil des Halbmessers. Nimmt man die schwereren basaltischen und vulcanischen Massen hinzu, so wird jene Angabe nicht zu grofs erscheinen, und beide Werthe kommen demnach der Wahrheit näher, als sich bei so verwickelten Untersuchungen erwarten liefs. Ivory dagegen legt die neuerdings durch Sabine gefundene Abplattung zum Grunde, nimmt die mittlere Dichtigkeit der Erde = 5,48 an, und findet dann die der Oberfläche = 2,88, also nahe genau wie die des Berges Shehallien. Allein jene erste Gröfse ist sicher zu grofs, indem die mittlere Dichtigkeit der Erde nicht füglich gröfser als höchstens = 5 angenommen werden kann, und die letztere ist wahrscheinlich zu klein. Inzwischen gesteht Ivory selbst zu, dafs vollkommene Gewifsheit auf diesem Wege nicht zu erlangen sey, und auch La Place berücksichtigt insbesondere unsere Unbekanntschaft mit der Temperatur, welche dem Innern der Erde zugehört. Wenn man dieses letztere Argument gehörig würdigt, nämlich dafs die Temperatur des Erdkernes schwerlich jemals ausgemittelt werden wird[1], und berücksichtigt, dafs es noch sehr problematisch ist, ob das Gesetz der Verminderung des Volumens fester Körper durch einen Druck von so ungeheurer Gröfse, als die oberen Lagen des Erdballs auf die unteren muthmafslich ausüben, sich durch Versuche bestimmen lasse[2], so erkennt man in diesen beiden Ungewifsheiten ganz unüberwindliche Hindernisse einer vollständigen Lösung des schwierigen Problems auf dem angegebenen Wege. So viel folgert inzwischen La Place mit Recht als sicheres Resultat der vielen scharfsinnigen Untersuchungen, dafs in Gemäfsheit

1 Vergl. den folgenden Abschnitt.

2 Ein Ungenannter in London macht verschiedene Einwendungen gegen die Voraussetzungen La Place's über den Grad der Zusammendrückung, welchen die festen Theile im Innern der Erde erleiden, und die daraus folgende wahrscheinliche Dichtigkeit. S. Bibl. univ. XV. 3. Allein diese treffen die Sache nicht, da jener grofse Geometer seine, übrigens immer sehr wahrscheinlichen Annahmen allezeit blofs als Hypothesen betrachtet hat.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

der den Quadraten der Sinusse der Breiten proportionalen Zunahme der Schwere *eine regelmäfsige Lagerung der einzelnen elliptisch-sphäroidischen Schichtungen der Erde um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunct nicht bezweifelt werden kann*[1]. Es schliefst sich dann an diese so eben erörterte Aufgabe eine andere an, welche zwar gleichfalls nichts weniger als leicht, aber doch durch den Fleifs und Scharfsinn der Forscher ziemlich genügend beantwortet ist, nämlich über die mittlere Dichtigkeit der Erde im Allgemeinen.

Bei der Beantwortung dieser Frage ist man von dem einfachen Grundsatze ausgegangen, dafs sich bei der bekannten Gröfse der Erde ihre mittlere Dichtigkeit aus der bekannten Dichtigkeit anderer Körper finden lasse, wenn man diejenigen Anziehungen vergleiche, welche beide gegen einen dritten Körper ausüben. Es ist schon oben gezeigt[2], dafs Newton das nach ihm benannte Gesetz der allgemeinen Anziehung aufstellte, und zugleich sind die Versuche erwähnt, welche man zur Bestätigung desselben anstellte. Das dabei zum Grunde liegende allgemeine Gesetz ist, dafs die Anziehungen zweier Körper sich zu einander direct wie ihre Massen und umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen verhalten. Heifsen daher die Massen m und m′, die Abstände r und r′, die Anziehungen g und g′ (wovon die erstere bei der Erde durch den Fallraum gegeben ist, welchen ein Körper im leeren Raume in einer Secunde zurücklegt), so ist

$$g : g' = \frac{m}{r^2} : \frac{m'}{r'^2}.$$

Hinsichtlich auf die Dichtigkeiten d und d′ aber verhalten sich diese

$$d : d' = \frac{m}{r^3} : \frac{m'}{r'^3}.$$

A. Dichtigkeit der Erde nach der Anziehung grofser Gebirgsmassen.

Unter den Versuchen, welche die Einwirkung grofser Gebirgsmassen auf ein in ihrer Nähe herabhängendes Loth ausüben, hat man vorzugsweise nur diejenigen zur Bestimmung der mitt-

1 Méc. Cél. T. V. p. 12.
2 S. Th. I. S. 328.

leren Dichtigkeit der Erde benutzt, welche durch Maskelyne und Hutton an der Grenze von Schottland angestellt wurden[1]. Der erstere brachte dieselben in Vorschlag, und wählte dazu die Bergkette *Shehallien* (gälisch *Thichallin*) in *Pertshire*, welche sich von W. nach O. erstreckt, und daher auf ein an ihrer Südseite und Nordseite herabhängendes Bleiloth in entgegengesetzter Richtung wirken mufs. Denkt man sich zur Versinnlichung den Berg M, die Lothe a a′ und b b′ durch seine Anziehung in die Richtungen a α und b β gezogen, so ist die Differenz des Bogens $\alpha\beta$ und a b, welche beide aus astronomischen und geodätischen Messungen gefunden werden, die doppelte Wirkung der Anziehung, welche $\frac{1}{2}$ mal genommen die Anziehung des Berges giebt. Die genannten mühsamen Messungen und die erforderlichen gleichfalls sehr weitläuftigen Rechnungen wurden durch Maskelyne und Hutton in den Jahren 1774, 75 und 76 beendigt[2], und die Art des dabei befolgten Verfahrens nebst den erhaltenen Resultaten sind auch später von Hutton ausführlich beschrieben[3]. Die Messungen selbst hier mitzutheilen würde überflüssig seyn, und es wird daher genügen blofs die Art anzugeben, wie aus den erhaltenen Gröfsen die Dichtigkeit der Erde gefunden ist. Nach Hutton war die Summe der Anziehungen (der anziehenden Masse) zwischen der nördlichen und südlichen Station des Berges = 8811 . Um diese mit der durch die ganze Erde bewirkten zu vergleichen, sieht er die letztere als eine Kugel an, und setzt die Anziehung einer solchen gegen einen Körper auf ihrer Oberfläche $= \frac{2}{3} D\pi$ oder $= \frac{2}{3} P$, wenn D den Durchmesser, P den

Fig. 172.

1 Die Versuche der französischen Akademiker über die Anziehung der Gebirgsmassen unter dem Aequator sind hierzu unbrauchbar, weil die dortigen Berge ausgebrannte Vulcane sind, deren Dichtigkeit daher unbestimmbar ist. Aufserdem hatten jene Gelehrte mit unüberwindlichen Schwierigkeiten der Localität zu kämpfen, und begnügten sich daher, die damals noch streitige Frage über diese Art der Anziehung überhaupt aufser Zweifel zu setzen. Das Resultat eines neueren Versuches von Carlini s. unten.

2 Phil. Trans. 1775 und 1778.

3 Tracts on mathematical and philosophical subjects. Lond. 1812. III vol. 8. II, 1 ff.

Umfang bezeichnet. Die Länge eines Grades unter 45° der Breite, oder eines mittleren Grades der Erde bestimmt er nach älteren Messungen[1] zu 57030 Toisen oder 342180 Par. Fufs, welche nach dem angenommenen Verhältnisse des Londoner Fufses zum Pariser = 72 : 76,734 für den ganzen Umfang 131284080 Lond. F. und mit $\frac{2}{3}$ multiplicirt 87522720 als Mafs der Anziehung geben. Das Verhältnifs der Anziehungen der Erde und des Berges ist also 87522720 : 8811 $\frac{2}{3}$ d. i. nahe genau 9938 : 1 unter der Voraussetzung einer gleichmäfsigen Dichtigkeit. Maskelyne hatte aber die Summe der Abweichungen des Lothes, oder den Unterschied der beiden Bogen $\alpha\beta$ und $a'b = 11'',6$ gefunden, wonach also die Anziehung der Erde zu der des Berges nahe genau $= 1 : \text{tang. } 11'',6 = 1 : 0{,}000056239$ oder = 17781 : 1 und mit Rücksicht auf den Einfluss der Schwungkraft = 17804 : 1 ist. Die beiderseitigen Dichtigkeiten müssen sich daher verhalten wie 17804 : 9938, oder nahe wie 9 : 5.

Fig. 172.

Hutton hat später seine Bestimmung der Dichtigkeit der Erde mehrmals revidirt, allein die bisher angegebenen Gröfsen stets unverändert beibehalten. Es ist aber oben nachgewiesen, dafs der mittlere Grad des Erdsphäroids nicht 57030, sondern nur 57007 Toisen beträgt. Wird überhaupt aus dem Halbmesser einer Kugel von gleichem Inhalte, als das elliptische Sphäroid der Erde, der Werth von $\frac{2}{3}$ P gesucht, so ist dieser in englischen Fufsen = 87536260. Das Verhältnifs dieser Zahl zu 8811 $\frac{2}{3}$ ist dann = 9934,1 und da die Zahl 17804 unverändert bleibt, so ist das Verhältnifs der Zahlen 17804 : 9934,1 = 2,2562 : 1 oder = 9 : 5,0217, welches von jenem oberen nicht merklich abweicht, jedoch ist jenes nicht, wie Hutton meint, bis auf 0,02 oder noch weniger bis auf 0,01 genau. Ich werde diese neuere Bestimmung auch in der Folge benutzen.

Um hieraus die Dichtigkeit der Erde zu finden, ist dann ferner erforderlich, die Dichtigkeit der verglichenen Masse genau zu kennen. Nach den früheren Bestimmungen nahm Hut-

1 Die Gröfse ist entnommen aus Phil. Trans. 1763. p. 327.

TON[1] sie = 2,5 an, die des Wassers = 1 gesetzt, und dann ist $\frac{17804}{9933} \times 2{,}5 = 4{,}481$. Späterhin[2] folgte er mehr der Angabe des mit jenen Gegenden sehr vertrauten MACARA von FORTINGAL, welcher das spec. Gew. der schwarzen, Syenit- artigen, Masse des Berges = 3,0 setzte, so dafs die Dichtigkeit der Erde hiernach = 5,377 ... wurde, eine Bestimmung, welche sicher zu grofs ist. Indefs war HUTTON geneigt, aus beiden Werthen das arithmetische Mittel zu nehmen, welches allerdings mit den später durch PLAYFAIR erhaltenen Resultaten genauer übereinstimmt. Wie HUTTON nämlich die Untersuchungen des letzteren benutzt, besteht der Berg aus körnigem Quarz, Glimmerschiefer und Kalk, welche als mittleres spec. Gew. 2,75 haben, so dafs also das spec. Gew. der Erde $\frac{9}{5} \times 2{,}75 = 4{,}95$ oder nahe = 5 ist, wie schon NEWTON vermuthete[3]. Er schliefst hieraus dann ferner, dafs mehr als zwei Dritttheile der Erde aus Metall, und vermuthlich aus Eisen bestehen müssen.

HUTTON bemerkt nicht mit Unrecht, dafs diese Versuche die ersten sind, welche von dieser Art angestellt wurden, dafs daher bei einer ganz neuen Operation leicht Fehler begangen seyn könnten, weswegen zu wünschen wäre, dafs sie an andern Orten wiederholt werden möchten. Indefs ergaben spätere Prüfungen[4], dafs die Messungen an sich nichts zu wünschen übrig lassen, und dafs sie daher allerdings zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde sehr geeignet sind, sobald es nur möglich ist, die mittlere Dichtigkeit des Berges mit völliger Genauigkeit zu finden. PLAYFAIR[5] suchte daher diesen Theil der Aufgabe so vollständig, wie möglich zu lösen. In Verbindung mit Lord WEBB SEYMOUR untersuchte er genau die geognostische Beschaffenheit des Berges, das spec. Gew. der einzelnen Lagerungen und ihre Masse, desgleichen das Verhältnifs ihrer Lage zu den Beobachtungsorten. Sie fanden im Allgemeinen den Berg aus dreierlei Felsarten bestehend, nämlich aus körni-

1 Phil. Trans. LXVIII. 781.
2 Tracts. II. 1.
3 Vergl. HUTTON in Phil. Trans. 1821. p. 276.
4 Vergl. *Anziehung*. Th. I. S. 329.
5 Phil. Trans. 1811. p. 347. im Auszuge bei G. XLIII. 62.

gem Quarz vom mittleren spec. Gew. = 2,6398, aus Glimmer- und Hornblendeschiefer vom mittleren spec. Gewichte = 2,83255 und aus Kalkstein vom mittlerem spec. Gew. = 2,76607. Das Mittel aus den letzteren beiden Felsarten betrug 2,81039. Nach der Art, wie HUTTON den Berg aus einzelnen Säulen bestehend annahm, und deren Anziehung gegen das Loth berechnete, verfährt auch PLAYFAIR, und indem er die das Loth ablenkende Gesammtkraft für die Masse des körnigen Quarzes = Q und für die Masse des übrigen Gesteines = M setzt, von der Summe des anziehend wirkenden die des entgegen wirkenden abzieht, so findet er mit Beibehaltung der übrigen durch HUTTON angenommenen Gröfsen für die Wirkung des Berges und der Erde folgende Proportion,

$$17804 : 1 = 87522720\ D : 13843{,}126\ Q - 5030{,}214\ M$$

woraus die Dichtigkeit der Erde

$$D = 2{,}816\ Q - 1{,}023\ M$$

gefunden wird. Hierin die oben gefundenen Werthe für Q = 2,639876 und für M = 2,81039 substituirt folgt die Dichtigkeit der Erde

1. $D = 4{,}55886.$

Weil man indefs nicht wissen kann, wie tief der körnige Quarz die Masse des Berges bildet, so hat PLAYFAIR den Werth von D auch für den Fall berechnet, dafs der Kern des Berges aus Glimmerschiefer bestände, nach welcher Hypothese

$$D = 1{,}0053\ Q - 0{,}78743\ M$$

und mit Beibehaltung der Bestimmungen von Q und M,

2. $D = 4{,}866997$

seyn würde. Der letztere Werth ist sehr nahe der mittlere zwischen der früheren Angabe HUTTON's = 4,481 und der durch CAVENDISH[1] vermittelst der Drehwaage gefundenen Gröfse = 5,48. Indefs hält PLAYFAIR wohl nicht mit Unrecht die Versuche am Shehallien für so genau, dafs er geneigt ist, das Mittel aus den beiden gefundenen Werthen von D, nämlich dem Minimum = 4,55886 und dem Maximum = 4,867 zu nehmen, wonach also

$$D = 4{,}713$$

als die genaueste Bestimmung für die Dichtigkeit der Erde zu betrachten wäre. Wird in diesen Formeln die oben gefundene

1 S. unten B.

genauere Gröfse für die Dimension der Erde gesetzt, so erhält man mit Beibehaltung der übrigen Werthe nach der ersten Berechnung

$$D = 2{,}8155\ Q - 1{,}0231\ M$$

wonach also

$$1.\quad D = 4{,}55741$$

ist. Nach der zweiten Formel berechnet wird

$$D = 1{,}005\ Q - 0{,}78718\ M$$

woraus durch gleiche Substitution

$$2.\quad D = 4{,}865448$$

wird. Das arithmetische Mittel beider Werthe gäbe dann

$$D = 4{,}71143$$

von der durch Playfair gefundenen Gröfse nur unbedeutend verschieden. Hutton meinte indefs bei einer späteren Revision seiner eigenen Versuche, und einer Vergleichung derselben mit denen, welche Cavendish zu gleichem Zwecke mit der *Drehwaage* anstellte, dafs man 5 als die mittlere Dichtigkeit der Erde ansehen könne. Zugleich war er für diese Methode, welche ihm so viele Zeit und Mühe gekostet hatte, so eingenommen, dafs er noch in seinem hohen Alter von 84 Jahren den Vorschlag that, ähnliche Messungen bei einer ägyptischen Pyramide vorzunehmen[1].

Aufser dieser Messung haben wir kürzlich noch eine ähnliche, minder schwierige und weitläuftige, aber dennoch wegen der angewandten feineren Methode gleich schätzbare und als Controle der beiden bisher bekannten in ihrem Resultate höchst wichtige erhalten. F. Carlini[2] hat nämlich die Länge des einfachen Secundenpendels auf dem Mont-Cenis gemessen, und mit der durch Biot zu Bourdeaux gefundenen verglichen. Letzterer fand die corrigirte Länge des Decimalsecundenpendels unter $44°\ 50'\ 25'' = 741,\overset{\text{mill.}}{6151}$, welches auf $45°\ 14'\ 10''$ corrigirt $741,\overset{\text{mil.}}{6421}$ beträgt, und hiernach ist das Sexagesimalsecundenpendel am letzteren Orte $= 993,\overset{\text{mil.}}{498}$. Statt dessen fand Carlini dasselbe $= 993,\overset{\text{mil.}}{708}$. Die Differenz von 0,210 ist als Folge der Anziehung des Berges anzusehen. Letzterer be-

1 Phil. Trans. 1821. p. 282 u. 291. Journ. de Phys. XC. 307.

2 Effemeride di Milano. 1824. Append. p. 28.

steht aus Schiefer, Marmor und Gyps, deren spec. Gew. = 2,81; 2,86 und 2,32 im Mittel 2,66 für die Dichtigkeit des Berges im genäherten Werthe geben. Wird dann der Berg als ein sphärisches Segment betrachtet, dessen Höhe = 1 und der Durchmesser der Basis (von Susa nach Lanslebourg) = 11 ist, so ergiebt die Rechnung die Dichtigkeit der Erde = 4,39.

B. Dichtigkeit der Erde nach Versuchen mit der Drehwaage.

Wir haben nur eine Reihe solcher Versuche, welche unter die feinsten und schwierigsten im gesammten Gebiete der Naturlehre gehören. Die Idee hierzu hatte zuerst Michell[1], dessen Apparat an Hyde Wollaston kam, und von diesem an Cavendish, welcher ihn verbesserte und die bekannten Versuche damit anstellte. Diese hier vollständig zusammt der Methode der Berechnung mitzutheilen, würde zu viel Raum erfordern, und es möge daher nur so viel darüber gesagt werden, als hinreicht, um die Sache im Allgemeinen beurtheilen zu können, und die Erfordernisse zu würdigen, welche bei einer Wiederholung derselben zu berücksichtigen sind[2].

Michell's Apparat bestand ursprünglich aus einem möglichst dünnen hölzernen Stabe mit zwei Bleikugeln an seinen Enden, und im Schwerpuncte an einem feinen Metalldrahte aufgehangen. Durch die Elasticität dieses Drahtes mufs der Waagebalken an irgend einer Stelle frei schwebend zur Ruhe kommen, durch die Einwirkung einer höchst geringen Kraft auf die Kugeln am Ende desselben aber aus dieser Lage gezogen werden. Letzteres mufs namentlich geschehen durch einen anziehend auf dieselben wirkenden Körper, und wenn daher die Masse, Entfernung auf Dichtigkeit eines solchen gegebenen bekannt ist, so läfst sich aus der Stärke der Anziehung desselben, verglichen mit der auf die Kugeln gleichfalls wirkenden Schwere die Dichtigkeit der Erde als das die Anziehung durch die Schwere bewirkenden Körpers finden. Weil aber die geringste Kraft, nach Cavendish selbst 0,00000002 der Schwere, schon Schwingun-

1 Vergl. *Drehwaage* Th. II. S. 591.

2 Man findet sie vollständig in Phil. Trans. LXXXVIII. p. 469 und daraus mit schätzbaren Anmerkungen von Gilbert in dessen Ann. d. Ph. II. 1 ff.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

gen der Drehwaage verursachen kann, so müssen alle störende Einflüsse möglichst vermieden werden, insbesondere ungleiche Temperatur, weil die hierdurch namentlich schon durch die Annäherung des Beobachters, entstehende Luftströmung in dem umschliefsenden Kasten eine Bewegung hervorbringt. Aus dieser Ursache schlofs Cavendish seinen verbesserten Apparat in ein eigenes Zimmer ein, und beobachtete die Schwingungen durch angebrachte Fernröhre.

Die Waage selbst befand sich in einem Gehäuse von Mahagoniholz F E A B C D.... welches durch vier Schrauben an hölzernen Pfeilern befestigt war, und sich horizontal stellen liefs. An den Drähten h x hingen zwei Bleikugeln von 2 Zoll Durchmesser vor den Armen des Waagebalkens herab, welcher aus einem dünnen hölzernen Stabe h m h bestand, dessen Beugung bei grofser Feinheit durch den feinen Silberdraht h g h vermieden wurde. Ein feiner übersilberter Kupferdraht l g m trug diesen Waagebalken, und war selbst in den kleinen Klöbchen l und g festgeklemmt. Der obere Träger dieses Drahtes konnte von Aufsen durch den Draht K F vermittelst einer Schraube ohne Ende gedreht werden. Von einem Balken des Zimmers, H H hingen an einem Stifte p die kupfernen Stangen P r R herab, welche durch die Strebe r r auseinander gehalten wurden. An diesen waren unten die schweren Bleikugeln W, W befestigt, welche durch Umdrehen des Apparates um den Stift p vermittelst einer über die Scheibe M M und die Rolle m gehenden Schnur den kleineren Kugeln von beiden entgegengesetzten Seiten genähert werden konnten, wobei sie jedoch durch ein, zur Vermeidung jeder Erschütterung des Apparates eingemauertes Stück Holz gehindert wurden, näher als 0,2 Z. zu kommen. Die Lage des Armes wurde durch Verniere an seinen Enden angezeigt, welche dicht über einer elfenbeinenen Scale hinliefen, und da letztere in 20stel eines Zolles getheilt war, jener aber den fünften Theil hiervon angab, so konnte die Bewegung bis auf 0,01 Z. gemessen werden. Hierzu dienten die Einschnitte A, A im Gehäuse, beleuchtet durch die mit einer convexen Linse versehenen Leuchter L, L und beobachtet durch die Fernröhre T, T. Die eine Seite der Theilung nach ihrem Anfange hin nannte Cavendish die *negative*, die entgegengesetzte die *positive*, indem der Waagebalken auf dem ohngefähr in der Mitte liegenden 20sten Theilstriche in Ruhe stand.

Fig. 173.

Bei den Beobachtungen wurden die Bleimassen W, W den kleinen Kugeln x, x genähert, zogen diese letzteren an, und versetzten sie in Schwingungen. Um die Gröfse der Elongationen zu erhalten, beobachtete CAVENDISH die Grenze der ersten und dritten Schwingung an der einen Seite, und nahm das Mittel aus beiden als den Grenzpunct nach dieser Seite, welches mit dem Grenzpuncte der zweiten Schwingung verbunden den Punct der Ruhe gab, um hierdurch die allmälige Verzögerung der Oscillationen zu compensiren. Die Zeit der Schwingungen erhält man bei so langsamen Oscillationen leicht, wenn man das Zeitinterval zwischen zwei weit von einander liegenden Coincidenzen der Theilstriche ohngefähr in der Mitte der Schwingungen mifst, und dieses durch die Zahl der Schwingungen zwischen beiden Beobachtungen dividirt.

Der versilberte Kupferdraht, an welchem der Waagebalken hing, war 39,25 Z. lang, wog 2,4 Grains, und war so wenig steif, dafs die Kugeln beim Oscilliren der Waage an die Seiten des Gehäuses anschlugen. CAVENDISH stellte daher nur einige Versuche hiermit an, wobei er die kugelförmigen Bleimassen W, W während der Schwingungen aus der positiven in die negative Lage brachte, obgleich dieses die Beobachtungen erschwerte. Aufserdem bemerkte er einen Einfluſs der Temperatur dieser Kugeln, welchen er durch einige Versuche genauer prüfte, deren Erörterung nicht hierher gehört. Im Ganzen stellte CAVENDISH vom 5ten Aug. 1797 bis 23sten Mai 1798 siebenzehn Versuche an, aus denen er die Dichtigkeit der Erde berechnete. Hierbei wird vorausgesetzt, dafs, wenn die Kraft, welche den Arm des Waagebalkens seitwärts zieht, sich zum Gewichte der Bleikugeln verhält, wie der Bogen A, um welchen dieser Arm vermöge der Elasticität des Drahtes zur Seite gezogen wird, zum Radius, dieser Arm mit einem eben so langen Pendel gleichzeitig schwingen mufs. Die Länge dieses Hebelarmes vom Mittelpuncte der Drehung an gerechnet, betrug 36,65 Z. und die Länge des Secundenpendels 39,14 Z.[1], folglich müfste sich bei einer der angegebenen Bedingung entsprechenden Anziehung die Schwingungszeit wie $\sqrt{36,65} : \sqrt{39,14}$ verhalten. Dauert die Vibration also N Secunden, so verhält sich die Kraft, welche erfordert wird, den Arm um einen Bogen

1 Nach den neuesten Versuchen 39,13926 Z. S. oben II. C.

A seitwärts zu ziehen, zum Gewichte der daran hängenden Kugel, wie der Bogen A. $\frac{1}{N^2} \cdot \frac{36,65}{39,14}$ zum Radius. Die elfenbeinene Scale war 38,3 Z. vom Mittelpuncte der Drehung entfernt, und der Zoll in 20 Theile getheilt, und sonach betrug ein Theil des Bogens $\frac{1}{766}$ des Radius, und es verhielt sich daher die Kraft, welche den Arm um einen Theil seitwärts zog, zum Gewichte der Kugel wie $\frac{1}{766\,N^2} \times \frac{36,65}{39,14} : 1$ oder wie $\frac{1}{818\,N^2} : 1$. Die Mittelpuncte der 8 Z. im Durchmesser haltenden genäherten Bleikugeln und der 2 Z. haltenden am Waagebalken waren 8,85 Z. von einander entfernt, wenn die ersteren dem Gehäuse genähert wurden, letztere sich in der Mitte desselben befanden. Durch eine fehlerhafte Einrichtung des Apparats war aber nicht dafür gesorgt, dafs der Perpendikel aus dem Mittelpuncte der grofsen Kugeln auf den Waagebalken in das Centrum der kleinen Kugeln fiel, weil die Kupferstangen nur 36,65 Z. von einander abstanden, und eine die Mittelpuncte der gröfseren Kugeln verbindende Linie mit der Axe des Waagebalkens einen Winkel bildete, dessen Sinus 8,85 Z. betrug, weswegen die Anziehung derselben im Verhältnifs von

$\text{Cos.}^3 \frac{1}{2}$ ang. Sin. $\frac{8,85}{36,65} : 1$ d. i. von 0,9779 : 1 verringert werden mufste.

Das Gewicht jeder Bleimasse betrug 2439000 Grains, und gleicht somit dem Gewichte von 10,64 sphärischen Cubikfufs[1] Wasser. Wenn dann die Kraft der Anziehung dieser Bleimassen auf die Bleikugeln am Ende des Waagebalkens in die Mitte der ersteren gesetzt, dabei das Newtonsche Gesetz der Anziehung angenommen wird, ferner die Anziehung der Bleimasse

---

1 Der bei den Engländern gebräuchliche Ausdruck sphärischer Cub. F. od. Z. bezeichnet eine Kugel von 1 F. od. 1 Z. Durchmesser, also $\frac{\pi}{6}$ Cub. F. Wasser. Gilbert a. a. O. zeigt, dafs das Gewicht eines Cubikzolles Wasser = 253,35 Grains nach Kirwan gerechnet ist. Der Radius einer solchen, hier angenommenen Wasserkugel beträgt also die in der Berechnung vorkommenden 6 Z.

in der Entfernung von 8,85 Z. auf die Bleikugeln = A; die Anziehung einer Wasserkugel von 1 F. Durchmesser auf sie, wenn sie sich auf ihrer Oberfläche befänden = B; die Anziehung der Erde auf sie unter gleicher Bedingung = C heifst, so verhält sich mit Rücksicht auf den schiefen Zug

$$A : B = 10{,}64 \times 0{,}9779 \left(\frac{6}{8{,}85}\right)^2 : 1.$$

Der mittlere Durchmesser der Erde wird = 41800000 F. angenommen[1] und wenn ihre Dichtigkeit gegen die des Wassers = D : 1 heifst, so verhalten sich die Anziehungen der Bleimasse zu der der Erde

$$A : C = 10{,}64 \times 0{,}9779 \left(\frac{6}{8{,}85}\right)^2 : 41800000\,D$$
$$= 1 : 8739000\,D.$$

Es ist aber oben dargethan, dafs eine auf die Bleikugeln wirkende Kraft, welche den Hebelarm um einen Theilstrich der Scale aus seiner natürlichen Lage zu ziehen vermag, $\frac{1}{818N^2}$ vom Gewichte der Kugeln betragen mufs, und da die Anziehung der Bleimasse auf die Kugel $\frac{1}{8739000\,D}$ vom Gewichte der letzteren beträgt, so wird diese Anziehung den Waagebalken um $\frac{818N^2}{8739000\,D}$ oder $\frac{N^2}{10683\,D}$ Theilungen aus dem Stande seiner Ruhe ziehen. Werden also die Bleigewichte aus einer auf die Mitte des Waagebalkens lothrechten Richtung den Enden desselben bis zum genannten Abstande genähert, und es findet sich, dafs hierdurch dieses Ende um B Theilungen, oder wenn man die Massen abwechselnd an die positive und negative Seite rückt, dafs es um 2 B Theilungen abweicht, so mufs $B = \frac{N^2}{10683\,D}$ also $D = \frac{N^2}{10683\,B}$ seyn, woraus also D oder die Dichtigkeit der Erde gefunden wird.

---

1 Aus einer Revision dieser Gröfse nach den neuesten Messungen kann keine merkliche Aenderung der erhaltenen Resultate hervorgehen, wie schon aus der oben unter A geschehenen Substitution folgt.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Diese Formel bedarf indefs noch einiger Correctionen[1]. Diese sind:

1. Wegen des Widerstandes, welchen der Waagebalken vermöge seiner Masse der Bewegung entgegensetzt, indem ein Theil der Kraft der Bleimassen auf die Erzeugung der letzteren verwandt wird. Jeder Arm des Waagebalkens bildete eine abgekürzte Pyramide, indem nach der Darstellung seines Querschnittes die Höhe seiner Theile A B und D E überall gleich war, die Breite B b aber von der Mitte nach den Enden hin abnahm, so dafs der Querschnitt dort 0,33, hier 0,146 Quadratzoll betrug. Die Länge desselben von D bis d war 73,3 Z. und wog bei dem meistens herrschenden feuchten Wetter 2400 Gran. Man darf ihn hiernach als ein Prisma ansehen, dessen Grundfläche das arithmetische Mittel der gröfsten und kleinsten Durchschnittsfläche, also $\frac{0,33+0,146}{2}=0,238$ ist. Diesemnach wog ein Zoll desselben in der Mitte $\frac{2400}{73,3}\times\frac{0,33}{0,238}$, an den Enden $\frac{2400}{73,3}\times\frac{0,146}{0,238}$ Grains. Nimmt man ferner irgend einen Punct X an, setzt $\frac{cX}{cd}=x$ und berücksichtigt, dafs von c bis d der Querschnitt um $0,33-0,146$ also um 0,184 Quadratzoll, folglich bei X um $\frac{cX}{cd}\times 0,184=0,184x$ abnimmt, so ist das Gewicht bei X hiernach $\frac{2400}{73,3}\times\frac{0,33-0,184x}{0,238}=\frac{3320-1848x}{73,3}$ Grains. Der Silberdraht D C d wog 170 Grains, folglich 1 Z. $\frac{170}{73,3}$ und der Waagebalken mit diesem zusammen im Puncte X, $\frac{3490-1848x}{73,3}$, also eine Länge von d x Zollen $\frac{3490-1848x}{73,3}dx$ Grains. Die Kräfte, welche erforderlich sind, um gleiche Massen in X und in d gleich stark in beschleunigte Bewegung zu setzen verhalten, sich wie $(cX)^2:(cd)^2$ d. i. wie $x^2:1$, mithin

Fig. 174.

Fig. 175.

1 Wegen der Wichtigkeit dieser und ähnlicher, künftig vielleicht noch anzustellender Versuche übergehe ich diese nicht, benutze vielmehr der Deutlichkeit wegen noch einige Erläuterungen von Gilbert a. a. O.

ist die zur Bewegung des Elementes dx erforderliche Kraft $= x^2 dx\left(\frac{3490-1848x}{73,3}\right)$ welches $x=1$ gesetzt, oder für den ganzen Arm $\left(\frac{3490}{3}-\frac{1848}{4}\right)$: 73,3 also 350 Grains beträgt. Wird dann das Messingstück bei C als unbedeutend vernachlässigt, das Gewicht des elfenbeinenen Vernier's mit seinem Stabe de, welches 47 grains wiegt, 38 Z. vom Mittelpuncte der Drehung absteht, und also im Puncte d einem Gewichte von 48 Grains gleichkommt, hinzugenommen, so ist das Gewicht der ganzen zu bewegenden Masse $11262+350+48=11660$ Grains. Bei einer gegebenen Schwingungszeit mufs also die bewegende Kraft im Verhältnisse von $11660:11262=1,0353:1$ gröfser werden, als sie für einen Arm ohne Gewicht seyn würde.

2. Die Bleimassen ziehen nicht blofs die Bleikugeln, sondern auch den Arm des Waagebalkens an. Um die hierfür erforderliche Correction zu finden denke man sich durch den Mittelpunct der Kugel b eine verticale Ebene d b w gelegt, welche
Fig. 175. senkrecht auf den Arm D d steht, und in welcher sich in w die eine der Bleimassen befindet. (Die kleine Abweichung des Apparates von dieser Voraussetzung kann unbedenklich vernachlässigt werden). Es war aber die horizontale Linie $dw = 8,85$ Z. die verticale $db = 5,5$ Z. Heifst dann $wd = a$; $wb = b$ $cd = 1$ und wird x wie oben genommen, so ist $1 - x = \frac{dx}{dc} = z$, folglich $dx = 1z$. Es verhalten sich aber die Anziehungen, welche die Bleimasse auf gleiche Massen in x und in b ausübt, umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen b und wx bei senkrechtem Zuge, und, da die Richtung in einem Winkel, dessen Sinus $= \frac{b}{wX}$ ist, statt findet, wie $b^2 . \frac{b}{wX} : (wX)^2$, also wie $b^3 : (wX)^3$ d. i. wie $b^3 : (a^2 + z^2 l^2)^{\frac{3}{2}}$. Die Kraft also, womit der Arm vermöge dieser Anziehungen gedrehet wird, verhält sich wie $b^3 (1 - z) : (a^2 + l^2 z^2)^{\frac{3}{2}}$ und diese drehenden Kräfte sind gleich, wenn die Masse in b derjenige Theil der Masse in X ist, welchen der Bruch $\frac{b^3 (1 - z)}{(a^2 + l^2 z^2)^{\frac{3}{2}}}$ angiebt.

Es wog aber, wie oben gezeigt ist, ein Element des Armes im Puncte X der Berechnung nach $\frac{3490 - 1848\,x}{73{,}3}\,dx$ $= \frac{1642 + 1848\,z}{73{,}3}.\,dz$ Grains. Folglich ist die Kraft, womit jede Hälfte des Armes durch die Anziehung der Bleimasse bewegt wird, gleich der, womit eine mathematische Linie gedrehet wird, an deren Ende in b sich eine Masse befindet $= \int \frac{b^3\,(1-z)}{(a^2 + l^2\,z^2)^{\frac{3}{2}}} \times \frac{1642 + 1848\,z}{73{,}3}.\ 1.\,dz$. Es ist aber die halbe Länge des Hebelarmes $l = \frac{73{,}3}{2}$, wonach der zweite Factor des Integrals $= (821 + 924.z).\,dz$ wird. Hiernach ist das ganze Integral $= b^3 \int \frac{821.\,dz + 103\,z.\,dz - 924\,z^2.\,dz}{(a^2 + l^2\,z^2)^{\frac{3}{2}}}$

Wird hierin statt des letzten Theiles des Zählers gesetzt $+ 924\,\frac{a^2}{l^2}.\,dz - 924\left(\frac{a^2}{l^2} + z^2\right).\,dz$ und für $\frac{a^2}{l^2} = 0{,}08$ substituirt, so ist das Integral

$$b^3 \int \left(\frac{895.\,dz + 103z.\,dz}{(a^2 + l^2\,z^2)^{\frac{1}{2}}} - \frac{924.\,dz}{l^2\,(a^2 + l^2\,z^2)^{\frac{1}{2}}} \right).$$

welches integrirt giebt:

$$\frac{895.\,b^3.\,z}{a^2\,(a^2 + l^2\,z^2)^{\frac{1}{2}}} - \frac{103\,b^3}{l^2\,(a^2 + l^2\,z^2)^{\frac{1}{2}}} + \frac{103\,b^3}{l^2\,a} - \frac{924\,b^3}{l^3}\,\log.\,\frac{lz + (a^2 + l^2\,z^2)^{\frac{1}{2}}}{a}$$

Wird hierin $z = 1$ angenommen, so erhält man die in b gezogene Masse $= 128$ Grains. Nimmt man hiezu das Endstück de mit dem Vernier, dessen Gewicht 47 Grains, und in b also $= \frac{b^3}{a^3} \times 47 = 29$ Grains beträgt, so ist die ganze Kraft, womit jede der Bleimassen den ihr nächsten Arm der Waage zu bewegen strebt, gleich einer auf b wirkenden von 157 Grains, folglich nur $\frac{157}{11260} = 0{,}0139$ derjenigen, womit sie die Bleikugel zur Seite zieht. Ihre Anziehung auf die andere Hälfte des Waagebalkens ist dieser entgegengesetzt, aber so unbedeutend, dafs sie füglich vernachlässigt werden kann.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

3. Jede Bleimasse wirkt zugleich auch auf die Bleikugel am entfernteren Arme. Diese Anziehung verhält sich zu der auf die nächste Kugel wie $(wd)^3 : (wD)^3$ welches $= 0{,}0017 : 1$ ist. Daher ist das Verhältnifs der Anziehung der Bleimasse auf beide Kugeln zu der auf die nächste $= 0{,}9983 : 1$.

4. Auch die Kupferstangen wirken anziehend auf die Bleikugeln. Fig. 176. Um diese Anziehung zu berechnen, sey w der Mittelpunct der Bleimasse, b der Mittelpunkt der Kugel am Arme, e a das senkrechte Stück der Kupferstange, welches aus zwei Theilen a d und d e besteht. Hiervon hat a d eine Länge von 16 Z., ist in w ohngefähr in zwei gleiche Theile getheilt, und wiegt 22000 Grains; der Theil d e dagegen ist 46 Z. lang und wiegt 41000 Grains; endlich ist $w\,b = 8{,}85$ Z. und auf e w senkrecht. Nach dem Gesetze der Anziehung, welche den Massen directe und der Quadraten der Entfernungen umgekehrt proportional ist, wirkt ein Element des Körpers e w, dessen Fig. 177. Masse $= dx$ ist, auf den Punct b mit einer Kraft, welche $= \frac{dx}{(bx)^2}$ ist. Von dieser wirkt nach der mit w b parallelen Richtung x f der Theil $\frac{wb}{bx}$, weswegen die Anziehung des Elementes dx nach der Richtung $wb = \frac{dx}{(bx)^2} \times \frac{wb}{bx}$ ist, und diejenige, welche das ganze Stück wx nach der Richtung wb auf den Punct b ausübt,

$$= \int \frac{wb \,.\, dx}{(bx)^3} = \int \frac{wb \,.\, dx}{\left((wb)^2 + x^2\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{x}{wb\,(wb^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$= \frac{x}{wb \,.\, bx}$. Wäre die ganze Masse des Stückes x im Puncte w vereinigt, so wäre dessen Anziehung auf den Punct b der Gröfse $\frac{x}{(b\,w)^2}$ proportional, folglich verhält sich die erstere Anziehung zur letzteren wie $\frac{1}{bx} : \frac{1}{wb}$. Auf gleiche Weise verhält sich die Anziehung, welche eine überall gleich dicke Fig. 176. Stange e w auf einen Punct b in der Richtung b w ausübt, zu der einer gleichen Masse in w, wie $\frac{1}{eb} : \frac{1}{wb} = \frac{wb}{eb}$. Hiernach ist, wenn die Wirkung beider Theile der Stange in w vereinigt ge-

dacht wird, die Anziehung des Theiles da gleich der Anziehung einer Masse von $\frac{22000 . w b}{d b} = 16300$ Grains, und die des Theiles e d gleich der Anziehung einer Masse von

$41000 \frac{e w}{e d} . \frac{b w}{b e} = 41000 \frac{d w}{e d} . \frac{b w}{b d} = 2500$ Grains, mithin verhält sich die Anziehung der Kupferatange zu der des daran hängenden Bleigewichtes wie 18800 : 2439000 oder wie 0,00771 : 1. Auch hierbei ist die Anziehung der schiefliegenden Kupferstange und des hölzernen Querbalkens zu unbedeutend, als dafs sie dürfte berücksichtigt werden, noch weniger aber ist dieses rücksichtlich der lothrechten Kupferstange auf die Kugel am andern Arme des Waagebalkens erforderlich.

5. Auch das Mahagoni-Gehäuse übt eine Anziehung auf die Bleikugeln aus, welche sich gegenseitig aufhebt, wenn dieselben in der Mitte zwischen seinen Wänden sind, und ihr Maximum erreicht, wenn sie am stärksten zur Seite gezogen werden. Aber auch in diesem Falle ist sie so unbedeutend, dafs sie nach einer ausführlichen Berechnung von Cavendish nicht mehr als $\frac{1}{1170}$ der Bleimassen beträgt, und daher füglich vernachlässigt werden kann.

Es folgt aus den unter No. 2, 3 und 4 erhaltenen Werthen, dafs die Kraft der Anziehung, welche die Bleimassen auf die Kugeln ausüben, nach den Verhältnissen von 0,9983 + 0,0139 + 0,0077 : 1 also von 1,0199 : 1 vermehrt werden müsse, um sie genau zu erhalten, wonach also die oben angegebene Gröfse $\frac{1}{8739000 . D}$ in $\frac{1,0199}{8739000 . D}$ verwandelt werden mufs. Aus No. 1. aber folgt, dafs die auf den Hebelarm wirkende Kraft wegen der zu bewegenden Masse desselben im Verhältnisse von 1,035 : 1 gröfser seyn mufs, als wenn er eine mathematische Linie wäre, wonach also $\frac{B}{818 . N^2}$ in $\frac{1,035\ B}{818 . N^2}$ zu verwandeln ist, wonach denn endlich

$$\frac{1,0199}{8739000 . D} = \frac{1,035 . B}{818 . N^2}$$

und $$D = \frac{N^2}{10844 . B}$$

die zum Auffinden der Dichtigkeit der Erde geeignete Formel ist [1].

6. Es ist indefs endlich noch diejenige Correction zu untersuchen, welche aus der veränderlichen Lage der Bleikugeln gegen die Bleimassen entsteht. Die Entfernung beider beträgt nämlich nur dann 8,85 Z., wenn die Axe des Waagebalkens auf dem 20sten Theilstriche steht, wird aber kleiner oder gröfser, wenn die Bleikugeln sich den Bleimassen nähern oder beim Oscilliren des Waagebalkens sich weiter entfernen. Aufserdem befinden sich die Bleimassen nicht allezeit in der nämlichen Lage gegen die Bleikugeln, sondern nähern und entfernen sich abwechselnd beim Drehen der kupfernen Stangen. Es sey demnach W der Mittelpunct einer der Bleimassen in ihrer Lage zu- Fig. 178. nächst am Gehäuse, M das Centrum der nächsten Bleikugel, wenn der Zeiger auf dem 20sten Theilstriche steht; B der Punct der Ruhe des Armes, wenn die Bleimasse auf die Kugel anziehend wirkt, und A dieser Punct, wenn die Bleimasse durch Drehung des Apparates entfernt ist, mithin AB der Bogen, um welchen der Arm durch die Anziehung der Bleimasse seitwärts gedrehet wird. Endlich sey Z der Bogen, um welchen der Arm seitwärts gezogen würde, wenn auf ihn die Anziehung in B gerade so stark wirkte, als in M. Sie wirkt aber in B stärker als in M, und zwar im Verhältnisse von $(WM)^2 : (WB)^2$, und so mufs also auch $AB = Z \cdot \frac{(WM)^2}{(WB)^2}$ seyn, oder da $WB^2 = (WM - MB)^2$ ist, in eine Reihe entwickelt und mit Weglassung der höheren Potenzen ist $AB = Z \cdot \left(1 + \frac{2MB}{MW}\right)$. Wird die Bleimasse an die entgegengesetzte Seite gedrehet, so dafs w und b eine ähnliche Bezeichnung geben, so ist $Ab = Z \cdot \left(1 + \frac{2Mb}{Mw}\right)$. Also ist

$$Bb = Z \cdot \left(2 + \frac{2Mb}{Mw} + \frac{2MB}{MW}\right) = 2Z \cdot \left(1 + \frac{Bb}{MW}\right),$$

so dafs die ganze Bewegung des Armes, nämlich Bb, nach dem

---

1 Dafs hierin, wie oben, N die Zahl der Secunden einer Vibration, B aber die Zahl der Theilstriche bezeichnet, um welche der Waagebalken sogleich durch die Anziehung der Bleimassen vom Ruhepuncte abseitwärts gezogen wurde, versteht sich von selbst.

Verhältnisse von $1 + \frac{Bb}{MW} : 1$ gröfser ist, als wenn die Anziehung überall der in M gleich wäre. Die Lage des Armes hat daher auf die Correction in der Bewegung des Ruhepunctes wegen der Veränderlichkeit der Anziehung keinen merklichen Einfluſs, sondern allein der Bogen Bb, um welchen der Arm sich drehet, wenn man die Gewichte aus einer Stelle zunächst am Gehäuse in die entgegengesetzte bringt.

Diese Veränderlichkeit der Anziehung durch die Bleimassen hat auf die *Schwingungszeit* Einfluſs. Es sey daher das Centrum der einen dieser Bleimassen in W, das Centrum der Bleikugel in irgend einem Puncte des Schwingungsbogens in x, und A nebst B mögen die obere Bedeutung beibehalten, ferner stelle AB die Kraft vor, womit der Arm, wenn er in B ist, durch die Elasticität des Drahtes nach A zurückgetrieben wird (folglich auch die Anziehung der Bleimassen, welche im Puncte der Ruhe B der Drehkraft des Drahtes genau gleich ist) und Ax die Kraft, womit der Arm im Puncte x vom Drahte nach A zurückgebracht wird, so ist die Anziehung, welche die Bleimassen auf die Bleikugeln im Puncte x ausüben $= AB \frac{WB^2}{Wx^2}$, folglich die Kraft, womit der Arm im Puncte x nach A getrieben wird $= Ax - \frac{AB \cdot WB^2}{Wx^2}$. Wird hierin $\frac{WB^2}{Wx^2}$ $= \left(1 + \frac{Bx}{Wx}\right)^2$ gesetzt, für dieses aber durch eine Entwickelung in eine Reihe mit Weglassung der höheren Potenzen $1 + \frac{2Bx}{Wx}$ gesetzt, und für Wx bei unmerklichem Unterschiede WB genommen, so erhält man sehr nahe $AB + Bx - AB\left(1 + \frac{2Bx}{WB}\right)$ welches gleich ist $Bx - \frac{2Bx \cdot AB}{WB}$. Wäre die Anziehung der Bleimassen für jede Lage des Armes so grofs als im Puncte der Ruhe B, so würde die Kraft, womit der Arm aus dem Puncte x nach dem Puncte B strebt, dem Bogen Bx proportional seyn[1]. Weil

Fig. 178.

1 Vergl. *Elasticität* oben S. 195.

aber die Anziehung bei abnehmender Entfernung zunimmt, so ist diese Kraft kleiner, und nur dem Bogen $Bx - \frac{2Bx.AB}{WB}$ proportional. Die beschleunigenden Kräfte also, welche den Arm bei veränderlicher und unveränderlicher Anziehung durch die Bleimassen treiben, verhalten sich daher zu einander, wie $Bx - \frac{2Bx.AB}{WB} : Bx$ oder wie $1 - \frac{2AB}{WB} : 1$. Da sich aber die Schwingungszeiten gleich langer Pendel verkehrt wie die Quadratwurzeln aus den beschleunigenden Kräften verhalten, so müssen die Schwingungszeiten bei veränderlicher und unveränderlicher Anziehung durch die Bleimassen sich verhalten wie $1 : \left(1 - \frac{2AB}{WB}\right)^{\frac{1}{2}}$, oder aber das Quadrat der Schwingungszeiten ist in jenem Falle gröfser als in diesem im Verhältnifs von $1 : 1 - \frac{2AB}{WB}$, welches Verhältnifs nur wenig von $1 + \frac{Bb}{MW} : 1$ verschieden ist, in welchem die Bewegung des Armes vergröfsert wird, wenn man die Bleimassen von der einen Seite des Gehäuses an die entgegengesetzte drehet. Wenn aber der Arm sich um eine Einheit der Skalentheilung drehet, so bewegt sich der Mittelpunct der Kugel um $\frac{36{,}65}{20 \times 38{,}3}$ Z. seitwärts, folglich wenn der Arm um einen Bogen $= AB = \frac{1}{2} Bb$ zur Seite gezogen wird, welcher d Theile begreift, wonach also $\frac{\frac{1}{2}Bb}{MW} = \frac{36{,}65 . d}{20 \times 38{,}3 \times 8{,}85} = \frac{d}{185}$ Zolle beträgt[1], so mufs die Schwingungszeit und die Bewegung des Armes auf folgende Weise verbessert werden.

a. Ist die *Schwingungszeit* durch einen Versuch bestimmt worden, in welchem die Gewichte an der einen oder andern Seite des Gehäuses sich befanden, und hat sich der Arm um d Eintheilungen der Scale bewegt, indem man die Bleimassen

---

1 Der Abstand des Centrums der Bleikugeln vom Drehungspuncte des Waagebalkens beträgt 36,65 Z., der Abstand der Scale von eben diesem Puncte 38,3 Z., ein Zoll derselben ist in 20 Theile getheilt, und der Abstand der Mittelpuncte der Bleimassen und Bleikugeln im Zustande der Ruhe beträgt 8,85 Z. Dieses sind die in der Formel enthaltenen Gröfsen.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

aus dieser Lage in die auf die Mitte des Waagebalkens lothrechte brachte, so muſs die beobachtete Schwingungszeit *vermindert* werden, und zwar im Verhältnisse von $\left(1 - \frac{2d}{185}\right)^2 : 1$, welches nahe gleich ist $1 - \frac{d}{185} : 1$. Ist dagegen die Schwingungszeit bestimmt worden, als die Bleimassen auf die Mitte des Waagebalkens lothrecht gerichtet waren, so ist gar keine Verbesserung nöthig.

b. Um für die *Bewegung* des Armes die erforderliche Verbesserung zu finden, wenn die Bleimassen aus der dem Gehäuse genäherten Lage in die mittlere gedrehet werden, oder umgekehrt, so beobachte man in der positiven oder negativen Lage der Bleigewichte den Abstand des Armes vom 20sten Theilstriche. Er betrage n Theile. Es ist aber (oben unter 6 i. A.) gezeigt, daſs für die aus der veränderlichen Nähe der Bleigewichte erforderliche Correction der Bogen

$AB = Z\left(1 + \frac{2MB}{MW}\right) = Z\left(1 + \frac{2n}{185}\right)$, also

$AB : Z = 1 + \frac{2n}{185} : 1$ oder nahe $= 1 : 1 - \frac{2n}{185}$ ist. Man findet daher aus dem beobachteten Bogen AB bei veränderlicher Anziehung den Bogen Z bei unveränderlicher Anziehung, indem man, wenn B näher als M nach der Bleimasse hinliegt, von AB den $\frac{2n}{185}$sten Theil abzieht; wenn aber B weiter als M von der Bleimasse entfernt liegt, so ist BM, d. i. n negativ, und es muſs daher der $\frac{2n}{185}$ste Theil zugesetzt werden. Dieses giebt also die allgemeine Regel. *Man beobachte in der positiven oder negativen Lage der Bleigewichte*[1] *den Abstand des Armes vom 20sten Theilstriche, nenne, von hier an gerechnet, die Menge der Theilstriche* n, *und vermehre die beobachtete Bewegung um* $\frac{2n}{185}$*stel des Ganzen, wenn der Abstand nach der Seite der Bleimassen hinliegt, vermindere sie dagegen um*

1 Es ist oben bei der Beschreibung des Apparates angegeben, daſs Cavendish diejenige Seite die *negative* nannte, welche nach dem Anfange der Theilstriche hinliegt.

den $\frac{2n}{185}$sten *Theil, wenn derselbe nach der entgegengesetzten hinliegt.*

c. Werden endlich die Bleimassen aus der positiven Lage der gröfsten Nähe in die negative gedrehet oder umgekehrt, und der Arm bewegt sich dabei um 2d Theile seitwärts, so ist dann nach der oben gegebenen Demonstration

$Bb = 2Z.\left(1 + \frac{Bb}{MW}\right) = 2Z\left(1 + \frac{2d}{185}\right)$, mithin

$Bb : 2Z = 1 + \frac{2d}{185} : 1$ oder nahe $= 1 : 1 - \frac{2d}{185}$. *In diesem Falle ist also die beobachtete Bewegung um den* $\frac{2d}{185}$sten *Theil zu vermindern.*

Es möge nur der Deutlichkeit wegen hinzugesetzt werden, dafs von den angegebenen Correctionen die unter a zu der Gröfse N in der Formel, die unter b und c aber zu der Gröfse B ebendaselbst gehören. Werden endlich die Bleimassen aus einer Lage des Genähertseyns in die entgegengesetzte gedrehet, und bestimmt man die Schwingungszeit während sie sich in einer derselben befinden, so ist keine Verbesserung weder der Schwingungszeit noch der Bewegung nöthig, weil sich dann die Correctionen aufheben.

Die mit dem beschriebenen Apparate angestellten und nach den angegebenen Formeln berechneten 17 Versuche stellt Cavendish in einer tabellarischen Uebersicht zusammen, welche hier mitzutheilen mir überflüssig scheint. Zehn dieser Versuche sind ohnehin doppelt, insofern die Beobachtungen in zwei verschiedenen Lagen der Bleigewichte angestellt wurden und einer ist dreifach, indem die Bleigewichte aus der Mitte und dann von beiden entgegengesetzten Seiten den Kugeln genähert wurden. Im Ganzen erhielt also Cavendish 29 Bestimmungen für die Dichtigkeit der Erde, wovon die 6 ersten mit einem dünnen, die übrigen mit einem dickeren Drahte erhalten wurden. Das Mittel aus jenen giebt die Dichtigkeit der Erde nach Cavendish = 5,48 mal gröfser als des Wassers, das Mittel aus allen übrigen beträgt genau ebensoviel. Die gröfste Abweichung der Extreme soll dann 0,75, also die Abweichung der

einzelnen Werthe vom Mittel nur 0,38 betragen, also nicht über $\frac{1}{14}$ des Ganzen.

Hier tritt indefs der merkwürdige Umstand ein, dafs in den so leichten Angaben dieser Mittelwerthe sich bedeutende Rechnungsfehler finden. Ehe ich diese indefs erörtere, will ich zuerst das Urtheil angeben, welches Cavendish selbst darüber gefället hat.

Zuvörderst findet er die Abweichungen sowohl in der Bewegung des Armes als auch in den Schwingungszeiten (die nicht constanten Gröfsen B und N in der Formel) in den einzelnen Versuchen zu grofs, als dafs sie von Beobachtungsfehlern herrühren könnten. Die Gröfse der Bewegung des Hebelarmes könnte allerdings durch Luftströmungen verändert seyn, welche als Folge ungleicher Temperatur anzusehen wären, allein wie dadurch auch die Schwingungszeiten afficirt werden konnten, ist nicht abzusehen, wenn man nicht eine merkliche Ungleichförmigkeit dieser Strömungen annehmen will. Dafs indefs hieraus und aus sonstigen unbekannten Ursachen ein constanter Fehler erwachsen seyn sollte, ist auf keine Weise anzunehmen, da die Versuche während einer sehr langen Zeit und unter den vielfachsten Bedingungen der Temperatur, Feuchtigkeit u. s. w. angestellt wurden. Cavendish wirft auch die Frage auf, ob wohl das angenommene Newtonsche Gesetz der Anziehung hierbei allein als wirksam zu betrachten sey, und nicht auch ein anderes, welches die Erscheinungen der Cohäsion oder Adhäsion bewirkt. Allein hierzu kamen die Massen nicht nahe genug, und aufserdem gaben diejenigen Versuche keine abweichende Resultate, in denen sie einander absichtlich sehr genähert wurden. Hiernach, meint er also, könne die gefundene Dichtigkeit der Erde = 5,48 nicht füglich um mehr als $\frac{1}{14}$ unrichtig seyn, doch weiche diese Bestimmung von der durch Hutton gefundenen = 4,5 mehr ab, als er erwartet habe. Welche von beiden Bestimmungen die richtigere sey, wage er nicht eher zu entscheiden, als bis er die möglichen Einflüsse auf seine Versuche genauer geprüft habe.

Eine genaue Prüfung beider Versuchsreichen, nämlich der durch Hutton und der durch Cavendish angestellten, ist überall noch nicht vorgenommen, und beide Resultate, näm-

nämlich 4,713 nach der Revision von PLAYFAIR und 5,48 nach CAVENDISH weichen um mehr als $\frac{1}{6}$ des mittleren Ganzen von einander ab, wenn man etwa 5 als diesen mittleren Werth ansehen wollte, und dieses ist allerdings mehr, als man von so ausnehmend genauen Versuchen erwarten sollte. Rücksichtlich auf HUTTON's Versuche mufs allerdings in Anschlag gebracht werden, dafs der gelehrte und scharfsinnige PLAYFAIR sie einer abermaligen Prüfung unterworfen hat, welcher Fehler in den Berechnungen gewifs entdeckt haben würde, auch hat VON ZACH [1] die von MASKELYNE nicht mit in Rechnung genommenen astronomischen Beobachtungen gleichfalls berechnet, und ganz den nämlichen Abweichungswinkel des Bleilothes gefunden, als welcher aus den übrigen gefolgert ist, so dafs also von dieser Seite jene Versuchsreihe unerschütterlich feststeht. HUTTON hat selbst seine Arbeit im hohen Alter nochmals revidirt [2], und gezeigt, dafs MASKELYNE Beobachtungsfehler von einer ganzen Secunde im Bogen gemacht haben müfste, wenn das erhaltene Resultat dem durch CAVENDISH gefundenen gleich kommen sollte. Dabei ist er zwar geneigt, 5,00 als mittlere Dichtigkeit der Erde anzusehen, um die beiden gefundenen Werthe einander mehr zu nähern, allein hiermit ist offenbar dem Wahrheitsforscher nicht gedient, um so mehr als aus der oben von mir vorgenommenen Substitution des aus den neuesten Messungen folgenden genauesten Werthes für die Gröfse der Erde in die Formel der Berechnung die durch HUTTON erhaltene Gröfse noch um eine Kleinigkeit geringer wird, indem hier nach $D = 4{,}71143$ ist.

Auf der andern Seite hat CAVENDISH eine vollständige Beschreibung seines Apparates, der damit angestellten Versuche und der Berechnungen derselben mitgetheilt, sie liegen vor Jedermanns Augen und GILBERT hat dieses alles bei seiner Bearbeitung genau geprüft, mit Ausnahme der letzten Zusammenrechnung, indem ihm sonst die oben schon erwähnten Fehler aufgefallen seyn müfsten. Die gröfste Abweichung der einzelnen Resultate von einander beträgt nämlich nicht 0,75 wie

1 L'Attraction des Montagnes cet. Avignon 1814. II. 690.
2 Phil. Trans. 1821. 276.

Cavendish angiebt, sondern 5,85 — 4,88 = 0,97, die Abweichungen dieser beiden Extreme von dem gleichfalls angegebenen Mittel aus allen erhaltenen Resultaten betragen aber 0,60 und 0,37. Allein auch das durch Cavendish angegebene Mittel ist unrichtig, und beträgt nur 5,447... nahe 5,448, man erhält indefs genau 5,48, wenn man das eine erhaltene Resultat, nämlich 4,88 in 5,88 verwandelt, in welchem Falle indefs die Differenz der Extreme = 0,78 und die Abweichungen derselben vom arithmetischen Mittel + 0,37 und — 0,41 betragen. Man würde indefs Cavennish Unrecht thun, wenn man von diesen Fehlern auf seine ganze Arbeit schliefsen wollte, denn ohne Zweifel ist die Zahl 4,88 ein blofser Druckfehler statt 5,88. Es ist indefs rührend zu lesen, dafs Hutton in seinem 84sten Jahre noch die Mühe übernahm, die ganze weitläuftige und schwierige Berechnung zu revidiren [1], wodurch er dann eine nicht unbedeutende Menge von Rechnungsfehlern auffand [2]. Nach dieser neuen Berechnung ist dann das Mittel aus den 6 ersten, mit dem dünneren Drahte angestellten Experimenten 5,19, und aus den 23 lezten, mit dem dickeren Drahte 5,43. Dafs auch diese beiden Werthe nicht unbedeutend abweichen mufs das Vertrauen auf dieselben etwas schwächen. Nimmt man aus beiden das arithmetische Mittel, so ist dieses = 5,31, welches von der zuletzt durch Hutton angenommenen Gröfse um 0,31 also nahe $\frac{1}{17}$ des Ganzen abweicht. Hierdurch verschwindet zwar die Differenz zwischen beiden Versuchsreihen etwas mehr, allein der unparteiische Wahrheitsforscher mufs bekennen, dafs eine solche Näherung nur trüglich ist. Man darf nämlich, ohne sich von der strengen Wahrheit zu entfer-

---

1 Phil. Tr. a. a. O. p. 286. I could derive no confidence in the results, nor compare them with the mountain experiment, without repeating the whole of the calculations. But, after a long life spent in allmost daily abstruse investigations, from the tenth year of my age, and now being at eighty-four, and oppressed with distressing illness, I thought I might be excused from such a task. But ...., my anxiety to accomplish the business induced me to make an exertion to effect it myself.

2 Cavendish hat, wie Hutton berichtet, diese Berechnungen mindestens gröfstentheils, nicht selbst angestellt, deren blofse Revision letzterer nicht mit Unrecht so severe an operation nennt.

nen, das durch Hutton gefundene Resultat um so weniger abändern, und höher als 4,71143 annehmen, je genauer und allseitiger die Prüfung desselben bisher angestellt ist, und ebenso folgt aus den Versuchen von Cavendish kein anderes Resultat als 5,32, nachdem dessen Versuche und Rechnungen auf gleiche Weise revidirt sind. Die Differenz bleibt also = 0,59 oder nahe $\frac{1}{9}$ des Ganzen, und um so viel bleibt also unsere Kenntnifs von der mittleren Dichtigkeit der Erde ungewifs, sobald wir beiden Versuchsreichen einen gleichen Werth zugestehen.

Je schmerzlicher es ist, über eine so wichtige Frage keine gröfsere Gewifsheit zu haben, und je geringer die Hoffnung, solche kostbare und schwierige Versuche zur Beantwortung derselben noch einmal angestellt zu sehen, um so lebhafter mufs der Wunsch seyn, über den Werth der bereits vorhandenen mit mehr Zuversicht zu entscheiden. Gegen die von Hutton und Maskelyne kann nur eine einzige Einwendung stattfinden, nämlich die Unbestimmtheit der Dichtigkeit des Berges. Es wäre nämlich möglich, dafs unter den untersuchten Felsarten noch andere von gröfserem spec. Gew. z. B. basaltische lägen, allein nach allen Resultaten, welche die vielfachen und genauen geognostischen Untersuchungen bisher geliefert haben, ist dieses höchst unwahrscheinlich, und wollte man auch wegen gröfserer Nässe und der Wirkung des Druckes der oberen Schichten auf die unteren das spec. Gew. der Felsarten etwas höher annehmen, so würde dadurch die mittlere Dichtigkeit der Erde nicht füglich höher als in runder Zahl = 4,72 anzunehmen seyn. Gegen die Versuche von Cavendish läfst sich dagegen vieles einwenden. Hutton bemerkt, dafs ein so feiner und zusammengesetzter Apparat an sich keine absolute Genauigkeit geben könne, indefs begreift man doch nicht, wie hieraus irgend ein constanter Fehler entstehen konnte, und dann müfsten sich die Differenzen der zahlreichen einzelnen Resultate durchaus gegenseitig aufheben. Inzwischen könnte ein solcher allerdings aus der mitgetheilten Erschütterung entstehen, welche an bewohnten Orten stets stattfindet, hierdurch würden die Schwingungsbogen vergröfsert und die Schwingungszeiten verkleinert werden, also gäbe dieses allerdings einen constanten Fehler, wodurch das Resultat im Allgemeinen vergröfsert wird. Wir haben aber nach Cavendish's Berichte Ursache, etwas

dieser Art anzunehmen, da der Apparat aller angewandten Vorsicht ungeachtet selten eine Stunde stillstand[1]. Ferner hatte Cavendish anfangs eiserne Träger der Gewichte, statt der nachher gebrauchten kupfernen, welche aber nach vorläufigen Versuchen den Arm um 1 bis 1,5 Theilungen anzogen, statt dafs sie ihn vermöge ihrer Masse der Berechnung nach nur um 0,2 anziehen sollten. Diese 5 bis 7,5 fach gröfsere Wirkung schrieb Cavendish dem Magnetismus zu, und vertauschte daher die eisernen Stangen mit kupfernen, allein auch hierbei *blieb etwas von der bemerkten Einwirkung zurück, nur weniger regelmäfsig*[2], welches aber nicht weiter beachtet wurde. Kupfer ist nie völlig frei von Eisen, und Coulombs Versuche haben erwiesen, dafs alle mit stählernen Werkzeugen gearbeitete Körper eine geringe magnetische Einwirkung zeigen, weswegen es möglich ist, diese Erscheinung jener Ursache beizumessen. Wenn nun aber nicht blofs diese Stangen, sondern ebensowohl auch die Bleikugeln einen gröfseren Einfluſs der Anziehung gezeigt hätten, als sie der Berechnung nach äufsern mufsten, so entstand auch hieraus ein constanter, die Resultate sämmtlich *vergröfsernder* Einfluſs. Irgend eine, das Gegentheil bewirkende, die Resultate daher *verkleinernde* Ursache kann ich meinerseits nicht auffinden, und es müssen sonach diese Versuche, so schätzbar sie übrigens sind, an ihrer Beweiskraft nothwendig verlieren. *Wir dürfen daher vor der Hand, und bis andere Versuche den Gegenstand mehr aufklären*[3], *die*

---

1 Phil. Tr. LXXXVIII. 474.... notwithstanding the pains taken to prevent any disturbing force, the arm will seldom remain perfectly at rest for an hour together.

2 Ebend. S. 479. there still seemed to be some effect of the same kind, but more irregular, so that I attributed it to some accidental cause, and therefore hung on the leaden weights, and proceeded with the experiments. Es bleibt immer fraglich, ob nicht der Magnetismus dennoch einen so feinen und sonst nicht bemerkbaren Einfluſs hatte. Arago's neueste magnetischen Versuche könnten auf so etwas hindeuten.

3 Für solche Versuche erlaube ich mir unmafsgeblich vorzuschlagen den Apparat etwas abzuändern, und insbesondere die Erschütterung zu vermeiden, welche aus der Drehung der Gewichte auch bei gröfster Festigkeit der Wände des Zimmers entstehen mufste, aufserdem aber das ganze Verfahren zu vereinfachen. Zur Erreichung dieses Zweckes scheint es mir am besten, die Bleigewichte an einem

mittlere Dichtigkeit der Erde so annehmen, wie sie aus den genau berechneten Versuchen von Maskelyne *und* Hutton *folgt, nämlich* = 4,72. Hierfür entscheidet vorzüglich das noch kleinere Resultat, welches nach der oben angeführten Angabe Carlini aus seinen Pendelmessungen erhalten hat, desgleichen dafs La Place[1] vermittelst seiner scharfsinnigen Berechnungen die Dichtigkeit des Erdkerns = 4,761 findet, wenn die der äufseren Rinde = 3 gesetzt wird, da man den letzteren Werth als der Wahrheit sehr nahe kommend ansehen kann.

V. Temperatur der Erde.

Dieser Gegenstand macht wohl ohne Widerrede den

Drahte, dessen Gewicht vernachlässigt werden könnte, so aufzuhängen, dafs ihre Mittelpuncte mit den Mittelpuncten der am Waagebalken unmittelbar befestigten Bleikugeln im Zustande der Ruhe desselben in eine horizontale Linie fielen, dann die Schwingungen des Waagebalkens zuerst ohne die Bleimassen, und demnächst bei unveränderter Temperatur und gleichem Barometerstande nach genäherten Bleimassen zu messen. Indem die letzteren dann vermöge ihrer Anziehung die Dauer der Oscillationen verkürzen, so liefse sich aus dem Unterschiede der Schwingungszeiten und Schwingungsbogen die Stärke der Anziehung der Bleimassen, und hieraus die Dichtigkeit der Erde berechnen, wenn man anders dagegen völlig gesichert ist, dafs aufser der Massen-Anziehung nicht noch eine andere, eine magnetische oder elektrische einwirkt. Eine allgemeine Methode zur Berechnung der aus solchen Versuchen erhaltenen Resultate von H. W. Brandes findet man in Voigt's Mag. XII. 300.

1 Méc. Cél. T. V. p. 46. M. G. Drobisch in: de vera Lunae figura cet. Leipzig 1826. p. 48. schlägt vor, aus der Ungleichheit der Pendelschwingungen in tiefen Gruben die zunehmende Dichtigkeit der Erde zu finden. So zweckmäfsig auch dieses Mittel ist, so stehen der Anwendung desselben aufser den Schwierigkeiten solcher Versuche im Allgemeinen noch diese entgegen, dafs man bisher nur bis zu geringen Tiefen unter die Oberfläche des Meeres zu dringen vermochte (S. unten VI. B. i. A.), und die als Beispiel angenommene Tiefe von 1400 F., wobei nach Hutton's Bestimmungen der Dichtigkeit nur eine Differenz der täglichen Pendelschwingungen von 2″,6 statt findet, dürfte daher für solche Bedingungen schwerlich erreichbar seyn. Aufserdem aber müfste zugleich die so schwer bestimmbare negative Anziehung der oberhalb befindlichen Masse mit in Rechnung genommen werden, wenn man in einem Schachte eines hohen Berges sich zu solchen Versuchen herablassen wollte. Inzwischen läfst sich nicht voraus bestimmen, ob und wie weit diese Schwierigkeiten künftig noch überwunden werden können.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

schwierigsten Theil der gesammten physikalischen Untersuchungen über die Erde aus, und gehört dahin zuerst die Temperatur des Erdkernes, dann der Erdkruste, ihrer Oberfläche und zuletzt der sie umgebenden Atmosphäre, sofern diese als integrirender Theil derselben von ihr unzertrennlich ist[1].

A. Temperatur der Erde im Innern derselben.

Da der Halbmesser der Erde fast 860 geographische Meilen beträgt, bishero aber noch niemanden gelungen ist, nur bis auf eine halbe Meile vom Spiegel des Meeres an in die Erde einzudringen, so begreift man leicht, dafs sich über den Kern der Erde nur weniges, und auf allen Fall die Beschaffenheit desselben auf keine Weise aus der Erfahrung bestimmen läfst. Inzwischen forderten die Erscheinungen der Vulcane und heifsen Quellen zu einer Erklärung auf, und ohne zu überlegen, wie weit die Ursachen derselben vom Centro der Erde entfernt liegen mögen, schlofs man aus der Tiefe der vulcanischen Herde auf ein *Centralfeuer*, und machte sich von diesem verschiedene Vorstellungen. Die Annahme eines eigentlichen, im Centro der Erde brennenden Feuers findet man wohl nur bei einigen älteren Schriftstellern, indem schon Gassendi zeigte, dafs ein Brennen in einem eingeschlossenen Raume nicht statt finden könne. Die späteren Begriffe sind vorzüglich begründet durch Mairan, welcher unter Centralfeuer übrigens nicht sowohl ein eigentliches brennendes Feuer, als vielmehr eine innere Erwärmung verstand[2]. Weil die Wärme mit der Erhebung über die Meeresfläche abnimmt, der Frost nie tief in die Erde dringt, das Meer in grofsen Tiefen ungefroren ist, und insbesondere zur Erklärung des Unterschiedes der Klimate schreibt er der Erde eine innere Wärme, eine *Grundwärme* zu, welche seines Berechnung nach 393 mal gröfser seyn soll als diejenige Wärme, welche die Sonne in Paris am kürzesten Tage hervorbringt. Die Verschiedenheit der Klimate leitet er von der ungleichen Er-

---

1 Wegen der unverhältnifsmäfsigen Länge, wozu der Artikel *Erde* anwachsen müfste, können in Beziehung auf die Wärme der Erde meistens nur die Hauptresultate angegeben werden, eine gründlichere Erörterung bleibt andern Artikeln, namentlich *Temperatur* und *Klima* vorbehalten.

2 Mém. de l'Ac. 1719. p. 124. Nouvelles recherches sur la cause générale du chaud en été et du froid en hiver cet. Par. 1768. 4.

härtung der Erdoberfläche durch die Sonnenwärme her, als die Erde noch flüssig war. Indem diese Festwerdung nämlich unter dem Aequator früher als an den Polen erfolgte, so konnte sich die Wärme dort nicht so sehr ausbreiten, als an den Polen.

Dieser letztere Theil von Mairan's Hypothese ist etwas seltsam. Uebrigens führten ihn die Beobachtungen der unveränderlichen Temperatur in tiefen Kellern auf die ganze Idee, indem dorthin weder Wärme noch Kälte von Aufsen zu dringen schien, und die vorhandene Temperatur daher als ein Residuum früherer Wärme erscheinen mufste. Der Zusatz einer Vermehrung derselben nach dem Innern des Erdballes hin war ohne Zweifel durch die vulcanischen Erscheinungen veranlafst, auch waren Mairan schon damals einige Beobachtungen vom Wachsen der Wärme in der Tiefe der Schachten bekannt, denen indefs Bergmann[1] andere minder begründete Erfahrungen entgegensetzte.

Büffon's bekannte Hypothese ist sinnreich und mit grofser innerer Consequenz ersonnen, weswegen sie etwas modificirt noch jetzt Anhänger findet. Sie hängt mit seiner Erklärungsart der Bildung und allmäligen Veränderung der Erdoberfläche zusammen, und nimmt an, dafs die Erde als ein von der Sonne durch einen Kometen abgestofsener Theil ursprünglich die Glühhitze gehabt habe, allmälig erkaltet sey, noch gegenwärtig aber im Centro eine der Glühhitze fast gleiche Temperatur behalten habe, in langen Perioden allmälig erkalte und zuletzt durch gänzliche Erstarrung unbewohnbar werden müsse. Die hierzu erforderlichen Zeitperioden nimmt er allerdings als sehr grofs an, und stützt sich hierbei auf Beobachtungen des Erkaltens gegebener glühender Massen; seine Ansicht von der Temperatur im Innern der Erde ist indefs blofs hypothetisch, und sein System verdient daher, als dem neuesten der Vulcanisten sehr nahe kommend, am gehörigen Orte erwähnt zu werden[2].

Büffon's Hypothese fand viele Anhänger, allein es ist merkwürdig, dafs man nachher zu fast völlig entgegengesetzten Vorstellungen überging. Dieses lag nicht sowohl in der Verbreitung der durch Werner begründeten Theorie der Neptunisten, als vielmehr in der Behauptung einiger Seefahrer, wonach

1 Physische Beschreibung der Erdkugel. II. §. 141.
2 Vergl. Art. *Geologie.*

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

das Meer mit zunehmender Tiefe kälter werden, und am Boden gefroren seyn sollte[1]. Hiernach erschien der Erdball als ein erstarreter Eisklumpen, oder mindestens bis unter 0° C. erkaltet. Aepinus, und mit ihm mehrere andere nahmen an, die Erwärmung der Erde sey und werde blofs durch die Sonnenstrahlen bewirkt, welche den Beobachtungen nach nicht tief eindringen können. Aufserdem zeigte die Erfahrung, dafs die äufsere Erdrinde in der Tiefe von 50 bis 100 F. auf allen Fall eine der mittleren Temperatur der Oberfläche gleiche, ganz unveränderliche Wärme habe, das Interesse für die erörterte Hauptfrage erkaltete allmälig, und während man die Geognosie durch zahlreiche Erfahrungen erweiterte, und hiernach Hypothesen über die Bildung und allmälige Veränderung der Erdrinde ausdachte, liefs man jene Untersuchungen ruhen.

Die Frage über die Temperatur im Innern der Erde kam indefs abermals zur Sprache und aufs Neue in lebhafte Anregung durch einige Versuche, welche von Trebra in den Minen zu Freiberg anstellen liefs, aus welchen eine mit der Tiefe zunehmende Erhöhung der Wärme folgte, obgleich schon früher ähnliche Beobachtungen gemacht, aber minder beachtet waren[2]. Wenn man die älteren und nicht hinlänglich genauen ausschliefst, so ist v. Saussüre der erste, welcher auf diese Erscheinung aufmerksam machte[3]. Er fand in den Salinen von Bex in einer Tiefe von 332 F. 14°, 4 C.; von 564 F. 15°,6; und von 677 F. 17°,4, wobei zu bemerken ist, dafs dort keine metallische Substanzen vorhanden sind, und dafs damals seit 3 Monaten niemand in diese Tiefen gekommen war. D'Aubuisson[4], welcher diese Erfahrungen kannte, untersuchte die Sache in den Minen zu Freiberg, und erhielt in verschiedenen derselben folgende Resultate nach Graden der Centesimalscale.

---

1 Insbesondere stellte de la Metherie diesen Satz auf, und fand darin einen Gegenbeweis gegen die Annahme eines Centralfeuers. S. J. d. Ph. LX. 81.

2 Mon. Cor. IX. 349.

3 Voyages cet. §. 1088.

4 Traité de Géognosie, cet. II. Vol. 8. Strasburg 1819. I. 444. Vergl. Journ. des Mines. T. XIII.

Tiefen in Met.	Beschert Glück	Himmelfahrt	Kühschacht	Jung-Hohe-Birke
0	8	8	8	8
100	....	10	....	10
120	9,5	....	....	11
160	....	....	....	12,5
180	....	12,5	....	....
200	....	....	....	14
220	12,5	....	12,5	....
240	....	....	....	15
260	14,5	14,5	14	....
280	....	....	....	16
300	15,5	....	16	....
330	....	....	....	17

D'Aubuisson bemerkt dabei, dafs Freiberg unter 51° N. B. und 400^{m} über dem Spiegel des Meeres liegt. Die Beobachtungen wurden am Ende des Winters 1802 gemacht, in welchem das Thermometer bis — 18° C. sank. Zur Zeit der Beobachtungen stand das Thermometer auf — 3° bis 4° C., die mittlere Temperatur ist etwa 8° bis 9°, und an chemische Zersetzungen des überall todten Gesteines ist nicht zu denken. Die Wärme in 220 und 260 Metres Tiefe ist durch Wasser bestimmt, welches aus einer etwas gröfseren Höhe kam, und zeigte sich im Mai und im Januar gleich; stagnirendes Wasser in 260 Metres Tiefe war 15° warm. Aus allen seinen Versuchen schliefst D'Aubuisson, dafs die Temperatur der Minen in Freiberg bei 300^{m} Tiefe die der Oberfläche um 8° übertrifft.

Die genannten Versuche veranlafsten v. Trebra in den Jahren 1805 bis 1807 an den geeignetsten Orten in Freiberg Thermometer gegen Verletzung und anderweitige Einflüsse, aufser die örtliche Wärme, geschützt, aufhängen und genau beobachten zu lassen[1]. Das obere derselben zeigte stets 11°,87, das andere, 294 F. tiefer hängende 15° C. Wiederholte Beobachtungen an vier verschiedenen Orten, welche in einem Umfange von drei deutschen Meilen im Gneis-Gebirge von einander lagen, ergaben im Jahre 1815 in 55 F. Tiefe 8°,75 C. in 601 F. 12°,8; in 953 F. 15°; in 1348, 5 F. 18°,75, wonach auf 120 F. Tiefe 1° C. kommt, und also in einer Tiefe von et-

1 Geograph. Ephem. XLIX. 433. Journ. de Ph. LXII. 443. Vergl. D'Aubuisson a. a. O.

wa 52 Meilen schon die Schmelzhitze des Eisens anzutreffen wäre. Dabei zeigen sich nirgends Spuren von Schwefelkiesen oder sonstigen chemisch auf einander einwirkenden Stoffen in jenen Gebirgen[1], und es war daher natürlich, dafs diese auffallenden Erscheinungen die Aufmerksamkeit der Physiker erregen mufsten.

Seitdem sind die Versuche dieser Art sehr vermehrt, und man hat die Sache selbst an den verschiedensten Orten bestätigt gefunden. Mehrere Beobachtungen werden noch jetzt an sehr verschiedenen Orten angestellt, und müssen die Sache selbst demnächst mehr aufklären, jedoch ist es zugleich von unverkennbarem Nutzen, das bereits Geschehene in einer Uebersicht zusammengestellt mit künftigen Erfahrungen vergleichen zu können.

Gensanne[2] fand in den Minen von Giromagny bei Béfort in den Vogesen in 110 Met. Tiefe 12°,5 C. in 206 M. 13°,1; in 308 M. 19° und in 433 M. 22°,7. Thomas Lean[3] untersuchte in gleicher Absicht die Minen von Cornwallis, und erhielt zwei Reihen von Beobachtungen, wovon die erste mitten im Sommer, die zweite mitten im Winter angestellt wurde, welches wegen der abweichenden Resultate bemerkt werden mufs, indem diese in grofsen Tiefen billig nicht statt finden sollten.

1. Sommerbeob.			2. Winterbeob.		
5,5 Met.	—	18°,5 C.	5 Met.	—	11°,1 C.
91	—	29,5	91	—	17,2
146	—	20,0	183	—	19,0
295	—	21,7	293	—	21,1
329	—	22,7	329	—	23,3
348	—	26,1	366	—	25,5

1 Dafs verwitternde Schwefelkiese die Temperatur erhöhen können, fand d'Aubuisson in einer Mine bei Huelgoat in Bretagne; woselbst oben 11° in 230 Meter Tiefe aber 19°,7 herrschend, das Wasser aber vitriolisch war. S. Journ. des Mines. XXI. Ann. Ch. et Ph. XIII. 184.

2 Ann. Chim. et Ph. XIII. 184.

3 J. de Ph. LXXXVII. 1. Diese und noch einige Beobachtungen in englischen Minen. S. Ann. de Ch. et Ph. XIII. 200.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Forbes und Fox erhielten in Minen gleichfalls in Cornwallis auf etwa 36 F. Tiefe eine Zunahme von 1° C. bis zu einer Tiefe von 1400 F. herab, wonach das Wasser an der tiefsten Stelle eine Wärme von 26°,7 erreichte. Durch den Aufenthalt der Menschen daselbst und die Explosionen des Sprengpulvers, das Brennen der Lichter etc. wird dort allerdings Wärme erzeugt, aber diese ist nicht hinreichend, die höhere Temperatur zu erklären, und sie suchen die Ursache daher in einer natürlichen Erdwärme [1]. Auch Gay-Lüssac folgert aus diesen Beobachtungen, dafs die Erscheinung nicht von chemischen Processen, namentlich von der Zersetzung der Schwefelkiese, abzuleiten sey, sondern von einer inneren Hitze der Erde [2].

Eben diese Beobachtungen aber sind durch Moyle sehr stark bestritten, welcher überhaupt die Hypothese einer höheren Wärme in gröfseren Tiefen verwirft, und dagegen zu beweisen sucht, dafs in tieferen und gegen Luftzug gesicherten Schachten die anhaltende Anwesenheit der Arbeiter und das Brennen der vielen Grubenlichter die Temperatur noch mehr erhöhen müsse, als die Erfahrung angäbe [3]. Sein Widerspruch hat indefs einen längeren Streit und eine fortgesetzte Untersuchung der Sache veranlafst. Vorerst zeigt Fox, dafs seine Beobachtungen nicht die Luft im Innern der Gruben und selbst nicht die Wände derselben betreffen, sondern das Wasser, was in einer Tiefe von 1440 F. hervorquellend die angegebene Wärme von 26°,7 zeige, und unmöglich durch die von Moyle angegebenen Ursachen diese Temperatur erhalten haben könne [4]. Aufserdem aber hat er seine Beobachtungen noch sehr vermehrt [5], gesteht zu, dafs man keine stets gleichmäfsige Vermehrung der Wärme erwarten könne, weil so viele bedingende Einflüsse nicht gut zu beseitigen sind; indefs gehen aus seinen Versuchen im Allgemeinen folgende Resultate hervor.

---

1 Phil. Mag. 1820. Oct.
2 Ann. Ch. Ph. XVI. 78.
3 Annals of Phil. 1822. Ap. p. 308.
4 Annals of Phil. 1822. Mai p. 381.
5 Ebend. Dec. p. 440. Vergl. Ann. Chim. et Ph. XXI. 310.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Tiefe in Fathoms	Temp. des Wassers	Temp. der Luft
20	14°,4 C.	13,3
40	13,3; 15,6; 12,2	13,9; 15,6
60	15,6; 16,7; 14,4	16,1; 16,7; 15,6
80	17,8; 16,7	18,3; 17,8
100	18,3	18,9
110	17,8; 18,9	18,3; 18,9
120	19,0; 18,9	20,0
130	22,2; 23,3; 17,2	22,7; 23,3; 16,7
140	25,5; 21,1	25,5; 22,2; 27,1; 23,8
150	24,4; 26,7	22,2; 26,7
160	18,9	22,8
170	18,0; 25,0; 28,9	18,9; 24,4
180	22,2; 20,5; 30	23,3; 22,2; 31,0.

Die hier angebenenen verschiedenen und unregelmäfsig wachsenden Temperaturen können das Vertrauen in die Genauigkeit der Beobachtungen nicht schwächen, vielmehr mufs man der Aufrichtigkeit des Referenten den gebührenden Beifall schenken. Das Wasser kann nämlich leicht entweder aus tieferen Quellen emporsteigen oder aus höheren herabsinken, und daher an dem nämlichen Orte eine sehr abweichende Wärme zeigen, und eben dieses kann bei der Luft der Fall seyn. Abstrahirt man aber von der gröfseren Wärme der Luft, welche allerdings durch die angegebenen Ursachen herbeigeführt seyn kann, so ist doch nicht abzusehen, woher das Wasser eine höhere Temperatur, als die der Quellen oder nahe die mittlere des Ortes ist, erhalten haben sollte, und die beobachteten 20 bis 30 Grade würden also ganz unerklärlich bleiben, wenn keine chemische Zersetzungen sie herbeigeführt hätten, welche aber nirgend bestimmt nachgewiesen sind. Fox legt daher einen vorzüglichen Werth auf die beobachteten Temperaturen der vereinigten Gruben-Wasser. Diese fand er in 100 bis 110 Fathoms = 18°,3 C.; in 110 bis 120 Fathoms = 19°,2 und in 150 bis 160 Fathoms = 23°,0. Indefs setzt Moyle diesen Beobachtungen andere von ihm selbst gemachte entgegen, wonach die Temperatur in bearbeiteten Gruben nach den Wassern gemessen höher war als in unbearbeiteten, indem in den letzteren die mittlere Wärme der Oberfläche in allen Tiefen gleich gefunden wurde[1], und

1 Ann. of Phil. 1823. Jan. p. 43.

diese Ansichten theilt WALMORE nach Beobachtungen in den schwedischen Bergwerken[1]. Man sieht aber bald, dafs in den verlassenen Gruben das Wasser sich gesammelt hatte, wobei das kältere als spec. schwerer herabsank. Eben dieses ereignet sich bei der Luft, und erklärt MOYLE's Widerspruch zur Gnüge, ohne jene Thatsachen umzustofsen[2]. Eine gleichfalls beweisende Erscheinung zeigte sich, als in der Gegend von London für einen Brunnen eine 140 F. tiefe Thonschicht durchgraben wurde, und das reichlich quellende Wasser bleibend 12°,2 C. zeigte, ohngeachtet die dortige mittlere Temperatur nach LUKE HOWARD nur 9°,7 nach v. HUMBOLDT aber 10°,2 ist[3].

Aufser den Beobachtungen in Deutschland, England und Frankreich haben wir ähnliche aus andern Ländern. Unter die gehaltreichsten gehören diejenigen, welche FANTONETTI in den goldhaltigen Minen von Pestarena di Macugnana im Thale Anzasca anstellte[4]. Die tiefen Schachte liegen in einem Berge, welcher aus Gneis besteht, und gleichsam den Fufs des Monte-Moro bildet, woran der hohe Monte-Rosa grenzt. Die Schachte haben vier Abtheilungen, deren eine tiefer als die andere ist weswegen ein Schacht 500 Meters tief herabgeht, und die Luft freien Zutritt hat. Die Messung der Temperatur geschah im Winter und im Sommer, auch wurden die Thermometer so aufgehangen, dafs sie die Wärme der Felsen und auch des auf den Gallerieen sich sammelnden Wassers angaben.

1. Beobachtungen vom 13ten März, Temperatur im Freien = 3°,8 C.

---

1 Stockholm. Denksch. 1821. Jan. Vergl. Archives des découvertes 1823. p. 81.

2 Eine Zusammenstellung dieser und anderer Beobachtungen in den englischen Minen findet sich in Trans. of the Geolog. Soc. T. II. Vergl. Ann. of Phil. VI. 441. Journ. de Ph. XCV. 307. Die neuesten Versuche von MOYLE in Ann. of Phil. N. LXIV. p. 259 entscheiden mehr *für* eine Zunahme der Temperatur als *gegen* dieselbe.

3 Ann. of Phil. N. S. IV. 441.

4 Brugnatelli Giornale cet. 1821. p. 467.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Tiefe	Wärme der Felsen	Wasser der Gallerie
0	— —	10°,3
50 Met.	5°,1	10,2
100 -	7,5	11,3
150 -	10,0	12,5
250 -	11,3	13,7
350 -	13,1	14,2
450 -	15,0	13,7
702 -	16,3	16,5

2. Eine ähnliche Reihe von Beobachtungen am 7ten Mai gab die Wärme der äufsern Luft = 12°,5 und in der Tiefe von 300 Meters an genau wie oben.

3. Am 6ten Aug. erhielt er bei einer äufseren Temperatur von 20°,0 C. in den Minen folgende Gröfsen:

Tiefe	Wärme der Felsen	Wasser der Gallerie
0	— —	12°,5
50 Met.	12,5	12,0
100 -	12,0	—
150 -	12,0	—
250 -	12,2	—
350 -	13,1	—
450 -	15,0	13,7
702 -	16,3	—

Man könnte gegen die Beweiskraft dieser Resultate ein Argument daraus hernehmen, dafs gerade das Wasser im Sommer sich kälter zeigte als im Winter, und daher die Temperatur der Tiefe von der Wärme des im Sommer herabgesunkenen Wassers ableiten; allein dann wäre unbegreiflich, wodurch die Temperatur der Tiefe sich so durchaus constant erhalten sollte. Vielmehr läfst sich nicht füglich etwas anderes annehmen, als dafs das Wasser von der mittleren Temperatur des Ortes, wie sie bei tiefern Quellen gewöhnlich ist, durch einen längeren Einflufs der wärmeren Felsen etwas erhöhet wird.

Auch v. Humboldt[1] fand in den Minen von Neuspanien zwischen 500 bis 770 F. 23°,7 bis 27°,6; in 1540 F. Tiefe aber 33°,8 C. In einer anderen Grube zeigte das Thermometer oben 20°,8, in einer Tiefe von 582 F. aber 33°,7; in denen von Villalpando oben 22°,4 und in 412 F. Tiefe 29°,4. Die Zahl der

1 Ann. de Ch. et Ph. XIII. 184.

gemachten Beobachtungen könnte leicht noch vermehrt werden, wenn dieses erforderlich wäre.

Werden diese und andere ähnliche, der Kürze wegen übergangene Beobachtungen einer vorurtheilsfreien Prüfung unterworfen, so beweisen sie keineswegs directe, eine bedeutend höhere oder gar eine der Schmelzhitze des Eisens nahe kommende Wärme des *eigentlichen Erdkernes*, denn sie bleiben zu sehr in der äufseren Oberfläche, als dafs sie zu einem solchen Schlusse berechtigen sollten. Rücksichtlich der eigentlichen Hauptfrage, nämlich über die Wärme des Erdkernes bleiben wir fortwährend im Gebiete der wahrscheinlichen Vermuthungen oder gänzlicher Ungewifsheit. Was sie aber bestimmt beweisen, ist dennoch deswegen nichts weniger als unwichtig, denn es geht aus ihnen klar hervor, dafs die Erdrinde in einer Tiefe, welche in Gemäfsheit der zunächst (unter B) folgenden Untersuchungen dem Einflusse der äufseren Erwärmungen nicht mehr ausgesetzt ist, eine höhere Temperatur hat, als die äufsere Kruste selbst. Dieser Satz wird aufserdem noch durch einige unwiderspreche liche Thatsachen mindestens im hohen Grade wahrscheinlich. Hierhin könnte man die vulcanischen Thätigkeiten rechnen, allein es ist streitig, woher diese ihren Ursprung haben, indem die dabei herrschende grofse Hitze unter der oberen Erdrinde auch durch locale Zersetzungen entstehen kann. Etwas beweisender sind die heifsen Quellen, denn obgleich das Wasser derselben vielleicht über vulcanischen Herden erwärmt wird, einige Geologen auch geneigt sind, die Wärme derselben dem unmittelbaren Einflusse chemischer Zersetzungen beizumessen (welche Hypothese jedoch gar vieles wider sich hat), so beweisen sie doch eine im Innern der Urgebirge existirende, seit Jahrtausenden unerschöpfliche Wärmequelle [1]. Auch die gemeinen Quellen tieferen Ursprunges sind mindestens in nördlicheren Gegenden etwas wärmer als die mittlere Temperatur der Oerter, wo sie entspringen. Inzwischen beruhet dieses Argument auf nicht völlig sicheren Thatsachen, und würde für sich allein keine bedeutende Beweiskraft haben. Weit mehr ist dieses der Fall bei demjenigen, welches auf der Erfahrung beruhet, dafs das Eis der Gletscher von unten her allmälig verzehrt wird.

---

1 Vergl. *Quellen, Temperatur derselben.*

Auf dieses Phänomen haben schon DE LÜC[1], DE SAUSSÜRE[2] u. a. aufmerksam gemacht, und dasselbe aus einer stets zuströmenden Erdwärme erklärt. Wäre eine solche nicht vorhanden, so hätte durch die Jahrhunderte, ja sogar Jahrtausende hindurch einwirkende Eiskälte die Erdrinde längst bis zur Temperatur des Eises herabsinken und erstarret seyn müssen[3].

Obgleich also aus diesen Thatsachen unverkennbar hervorgeht, dafs die Erdrinde in einer Tiefe, bis wohin die äufseren bedingenden Einflüsse der Temperatur nicht dringen, eine höhere, und also von der Erde selbst ausgehende, Wärme besitze, so folgt doch hieraus keineswegs, dafs diese weiter nach Innen zunehme, noch weniger dafs sie nach einer aus den Beobachtungen folgenden Progression wachse, vielmehr könnten die angegebenen Erfahrungen sogar mit einem gänzlichen Erstarrtseyn des Erdkernes sehr gut bestehen, wenn man voraussetzen wollte, dafs einen solchen tief erkälteten Erdkern eine wärmere Kruste umgäbe, welche wir in den aufgegrabenen Schachten erreichen. Zugleich ist es indefs weder unmöglich, noch auch irgend einer Thatsache widersprechend, der eigentlichen Erdmasse von der Tiefe einer oder etlicher Meilen an eine Glühhitze beizulegen, welche die des schmelzenden Eisens noch übertreffen könnte, vielmehr würde eine solche Hypothese manche Erscheinungen, namentlich die vulcanischen, sehr gut zu erklären geeignet seyn. Auf allen Fall ist es aber vergeblich, auf die angegebenen Beobachtungen ein Gesetz der Wärmezunahme nach dem Centrum der Erde hin zu gründen[4], indem wegen des Einflusses örtlicher Bedingungen die verschiedenen Versuchsreihen so sehr abweichende Resultate gaben, dafs ich die auf diesem Wege erhaltenen Werthe für eine Mittheilung nicht einmal für geeignet halte. Ueberhaupt sind alle jene Beobachtungen, ihres sonstigen Werthes ungeachtet, nur als unvollkommene Versuche zu betrachten, welche mehr geeignet sind die eigentlichen Schwierigkeiten aufzudecken, als die Hauptfrage selbst zu entscheiden. Letzteres beruhet offenbar auf folgenden Bedingungen.

---

1 Recherch. sur l'Atmos. II. 327. Lettres phys. et mor. I. 140.

2 Voyages cet. §. 533.

3 Vergl. J. A. de Lüc d. j. in Bibl. univ. XVIII. 40.

4 Aufser den oben mitgetheilten Angaben von v. TREBRA und anderen glaubt J. A. DE LÜC d. j. a. a. O. dafs in 6000 F. Tiefe 50° C. mittlere Temperatur sey.

Fig. 179. Es sey ab eine die Oberfläche der Erde berührende Linie, $\alpha\beta$ eine mit ihr parallel laufende, in welcher die jener zukommende Temperatur $= x$ zu $x+dx$ vermehrt seyn mag. Die Linie cde bezeichne die Krümmung eines Berges, und $\gamma\delta\varepsilon$ eine dieser gleichfalls parallele, die Grenze der angegebenen Temperaturvermehrung bezeichnende, so läfst sich zuvörderst fragen, ob in der Wirklichkeit die letztere Linie mit der ersteren eine gleiche Krümmung habe. Bei den Versuchen ist dieses ohne weiteren Beweis angenommen, oder vielmehr man hat die Frage selbst gar nicht aufgeworfen, indem man die lothrechte Tiefe angegeben hat, ohne zu berücksichtigen, dafs z. B. eine Messung von f bis g ein ganz anderes Resultat geben mufs, als von d bis δ. Ueberhaupt aber kann diese Aufgabe nie vollständig durch die Erfahrung entschieden werden, weil wir in der Regel im Niveau des Meeres oder nur wenig über demselben mehrere Hunderte von Fufsen in die Erde zu dringen nicht vermögen; man kann sie daher nur durch die Vergleichung der Messungen an verschiedenen ungleichen Orten der Entscheidung nahe bringen, und auch dieses ist mit grofsen Schwierigkeiten verbunden.

Obgleich hiernach die Frage über die Temperatur des Erdkernes unentschieden bleibt, so giebt es doch zwei Hypothesen hierüber[1], welche wegen ihres Zusammenhanges mit den vulcanischen Erscheinungen eine Erwähnung verdienen. Nach Humphry Davy nämlich entstehen die Erscheinungen der feuerspeienden Berge dadurch, dafs die nicht oxydirten metallischen Theile, welche die eigentliche Erdmasse oder eine tiefere Schicht derselben ausmachen, hauptsächlich durch die Zersezzung des Wassers oxydirt werden, und hierdurch, wie z. B. Kalium bei seiner Zusammenkunft mit Wasser heftig verbrennen[2]. Diese Hypothese läfst es unentschieden, welche Temperatur diese Stoffe vor ihrer Oxydirung haben, indem diese eben sowohl eine sehr hohe als eine sehr niedere seyn kann. Sie beantwortet also die Frage über die Temperatur des Erdkernes gar nicht, läfst aber schliefsen, dafs die höhere Wärme in

1 Prechtl's Hypothese in Jahrb. des polyt. Inst. III. 1, welcher die höhere Wärme im Innern der Erde vom Drucke ableitet, wird weiter unten angegeben werden.

2 Vergl. *Vulcane.*

gröfseren Tiefen noch ein Ueberbleibsel derjenigen ist, welche in früheren Zeiten erzeugt wurde, als diese Schichten sich säuerten, also früher sehr allgemein verbreiteter vulcanischer Processe.

Die zweite Hypothese, eigentlich die erneuerte Büffon's, ist von Fourier, einem Gelehrten, welcher sich lange Zeit vorzugsweise mit den Untersuchungen über die Erscheinungen der Wärme beschäftigt, die allgemeinen Gesetze ihres Verhaltens aufgesucht, unter gewisse Formeln gebracht, und dabei viele Beweise einer ungewöhnlichen Fertigkeit im analytischen Calcüle gegeben hat[1]. Nach ihm wurde die Erde von einer Hitze, welche die des weifsglühenden Eisens noch wohl um vieles übertraf, in einen tief unter dem Eispuncte kalten Raum versetzt, und erkaltete in diesem viele Jahrhunderte hindurch allmälig, bis sie in den gegenwärtigen stationären Zustand gekommen ist[2]. Nach seinen analytischen Untersuchungen ist es leicht erweislich, dafs das Erkalten der Erde wegen der Gröfse der Masse nur langsam erfolgen konnte, und so gut wie jetzt die Wirkung der Sonnenstrahlen die äufsere Kruste nicht durchdringt, kann auch die innere Wärme nicht nach Aufsen kommen. Aus den Beobachtungen folgert Fourier eine Zunahme der Wärme von 1° C. für eine Tiefe von etwa 30 Met., welche dem Einflusse der Sonnenstrahlen nicht beizumessen ist, sondern von der ursprünglichen Glühhitze der Masse herrührt. Gegenwärtig schreitet ihre Wärmeabnahme so langsam fort, dafs sie in 30,000 Jahren noch nicht um die Hälfte ihrer mittleren Wärme abnehmen kann, und die Verminderung daher seit der Schule von Alexandrien bis jetzt noch nicht $\frac{1}{300}$stel Grad C. beträgt. Obgleich ferner die mit der Tiefe zunehmende höhere Temperatur mit der Theorie genau übereinstimmt, so folgt nach Fourier doch nicht, dafs die Erde im Centro ihr Maximum der Wärme habe, vielmehr nimmt sie wieder ab, nachdem sie in der Tiefe von etlichen Myriametern den Punct der Weifsglühhitze erreicht hat. Die innere Erdwärme ändert sich stets,

---

1 Sein Hauptwerk ist Théorie analytique de la Chaleur. À Paris 1824. 4. An dieses schliefsen sich die verschiedenen späteren Abhandlungen an.

2 Extrait d'un Mém. sur le Refroidissement séculaire du Globe terrestre; in Ann. Ch. et Ph XIII. 418.

obgleich in sehr langen Zeiträumen, und ohne dafs hieraus eine Veränderung der Klimate folgt, weil die Oberfläche einmal in den Zustand der Stabilität gekommen ist. Aus seinen Berechnungen folgert Fourier übrigens, dafs die aus dem Innern der Erde während eines Jahrhunderts dringende Wärme so viel beträgt, als einen Eiscylinder von der Basis der gegebenen Fläche und 3 Metres Höhe zu schmelzen vermag[1].

Läfst man sich durch den tiefgelehrten Calcül, in welchen Fourier die hier mitgetheilten Sätze verwebt, und aus welchem er sie gleichsam als Folgerungen ableitet, nicht blenden, so gelangt man bald zu der Ueberzeugung, dafs hier weit mehr behauptet wird, als die Prämissen zu folgern gestatten. Fourier hat sich zwar das grofse Verdienst erworben, die Verbreituug der Wärme in Körpern von verschiedener Gestalt, desgleichen die Ausströmung derselben aus diesen mit Rücksicht auf die Beschaffenheit ihrer Oberfläche auf bestimmte Gesetze zurückzubringen, welche zum Theil auf gleiche Resultate führen als diejenigen sind, welche Newton und die Physiker nach ihm auf einem weit einfacheren Wege erhielten, allein hieraus folgt keineswegs, dafs man diesemnach von einem gegebenen Körper, z. B. der Erde, wissen könne ob sie früher eine höhere Temperatur gehabt habe, und wie grofs diese gewesen sey. Wäre dieses Letztere auf einem anderen Wege gefunden, liefse sich namentlich nachweisen, dafs die Erde ursprünglich die Glühhitze gehabt habe, dann liefse sich aus den aufgefundenen Gesetzen allerdings bestimmen, wie viele Jahre erfordert wurden, bis sie die jetzige Temperatur ihrer Oberfläche erhielt, obgleich der Geologe auch hiergegen noch manche gegründete Zweifel erheben würde. Namentlich kann die nicht unbeträchtliche Wassermenge der Erde den Zustand der Glühhitze der festen Theile unmöglich getheilt haben, und dann bleibt sowohl die ursprüngliche Quantität dieses Wassers als auch seine Temperatur durchaus ungewifs, und würde der Versuch einer genauen Berechnung der Erkaltungszeit auf allen Fall eine grofse Menge willkürlicher Hypothesen erfordern. Fourier nimmt an, dafs die Wärme in einer Tiefe von 30 Meters um 1° C.

1 Diese Resultate aus einer ausführlichen Abhandlung findet man zusammengestellt in Ann. Ch. et Ph. XXVII. 136 ff.

wachse[1]. Allein die mitgetheilten Beobachtungen ergeben, dafs diese Bestimmung nur eine genäherte ist. Es ist ferner nichts weiter als Hypothese, wenn man annimmt, dafs die Wärme in diesem Verhältnifs nach Innen stets zunehme, woraus dann folgen würde, dafs, den Schmelzpunct des Gufseisens[2] zu 1532° R. oder lieber zu 1600° R. also zu 2000° C. angenommen, die Erde in einer Tiefe von 60000 Meters oder 184706 F. oder 48,5 geographischen Meilen schon diese Hitze habe. Aus den oben erwähnten Beobachtungen v. Trebra's soll dieser Punct in einer Tiefe von 52 Meilen liegen, wahrscheinlich weil dieser der Schmelzpunct des Eisens nach älteren Angaben höher setzt. Gegen die Möglichkeit einer solchen Hitze ist zwar nichts einzuwenden, die Voraussetzung einer vom Puncte der gröfsten Hitze nach dem Centrum hin wieder abnehmenden Wärme ist dagegen blofs hypothetisch, und darf daher vorläufig ganz unbeachtet bleiben. Das Endresultat aller mühsamen Untersuchungen ist daher kein anderes, als dafs wir die Temperatur des Erdkernes keineswegs mit Zuversicht kennen, wohl aber aus Wahrscheinlichkeitsgründen sie als sehr hoch und der Glühhitze des schmelzenden Eisens gleichkommend oder sie noch übertreffend annehmen, jedoch kann sie nicht so grofs seyn, um die Bestandtheile der Erde in Dampfform zu erhalten. Dagegen ist La Place durch seine scharfsinnigen Untersuchungen zu einem höchst schätzbaren Resultate gelangt. Weil nämlich eine Vermehrung oder Verminderung der mittleren Erdwärme nothwendig eine Veränderung ihres Volumens, und somit auch ihrer Rotation herbeiführen würde, welche aber nicht beobachtet ist, so läfst sich hiernach mit Sicherheit schliefsen, dafs diese mittlere Temperatur gegenwärtig stationär seyn mufs. Der Berechnung nach würde nämlich eine Verminderung der mittleren Erdwärme von nur 1° C. eine Verminderung der Rotation von zwei Centesimalsecunden herbeiführen. Indem letztere aber seit Hipparch's Zeiten noch um kein 0,01 Sec. verändert ist, so kann die mittlere Erdwärme gleichfalls keine Veränderung erlitten haben[3].

---

1 Nach La Place Méc. Cél. V. 19. gehört diese Differenz zu 32 Meters.

2 Journ. of Sc. XXII. 309.

3 Ann. Chim. et Ph. XI. 86. Vergl. XIII. 410. XIV. 315. Méc.

B. Temperatur der Erdrinde.

Die Wärme der Erdrinde wird bedingt durch den *Einfluſs der Sonnenstrahlen*, der *unteren Schichten* und *der Luft*. Ist daher, wie es hier billig seyn muſs, die Rede bloſs von einer so dicken Schicht, als wohin diese Einflüsse dringen, so folgt von selbst, daſs der äuſsere Theil derselben einem jährlichen, monatlichen und täglichen Wechsel ausgesetzt seyn muſs, während der innere mehr constant bleibt. Einen bedeutenden Einfluſs hat insbesondere das Regen- und Schneewasser, welches in Tiefen von 3 bis 6 Fuſs einen gröſseren und schnelleren Wechsel hervorbringt, als die Strahlen der Sonne. Indem aber das wärmere Wasser der Sommerregen, oft noch erwärmt durch die Hitze des Bodens, mit dem Schneewasser des Winters gemischt herabsinkt, so erhält die Erdrinde etwa 20 bis 30 F. unter der Oberfläche eine der mittleren des Ortes gleichkommende unveränderliche Wärme, welche eben deswegen aus tieferen Quellen gefunden werden kann. Diese Unveränderlichkeit der Temperatur fand man zuerst durch Beobachtungen im Keller unter der Sternwarte in Paris, und Martine[1] schrieb daher der Erde eine eigene Wärme zu, unabhängig, von der durch die Sonnenstrahlen erzeugten. Mairan[2] war gleicher Meinung, und suchte durch Versuche und Rechnungen zu beweisen, daſs von den 1026° R. Wärme, welche in Paris in einem Sommer erzeugt würden, 991°,98 von der Erde und nur 34,02 durch die Sonnenstrahlen hervorgebracht würden. J. Hunter[3] dagegen folgerte aus der constanten, durch den Einfluſs der nahen Oberfläche modificirten Temperatur der Quellen auf Jamaica, daſs die Temperatur der Erde im Ganzen das durch Wärmeleitung bedingte Mittel zwischen der im Sommer erzeugten Hitze und der Kälte des Winters sey.

Wenn wir zuvor von einzelnen örtlichen Ausnahmen abstrahiren, wodurch die mittlere Temperatur der verschiedenen Oerter zuweilen modificirt wird, so läſst sich nach zahlreichen Beobachtungen allerdings die Behauptung aufstellen, daſs in

---

cél. V. p. 18. ausführlich p. 72 ff. Con. des Temps. 1822. Bibl. univ. XII. 156. Journ. de Ph. XC. 403.

1 Medical and philosophical essays. 1740. 8. p. 319.

2 Mém. de Par. 1719 und 1765.

3 Phil. Trans. LXXVIII. 58.

Tiefen von 20 bis 40 F. unter der Oberfläche der Erde eine stets gleichbleibende, weder mit den Jahres- noch Tages-Zeiten wechselnde Temperatur herrscht, welche der mittleren der Oerter sehr nahe gleich ist. Am vollständigsten geht dieses aus den lange fortgesetzten Beobachtungen eines Thermometers hervor, welches in dem Gewölbe unter der Sternwarte in Paris 86 F. unter der Erdoberfläche und 136 F. über dem Meeresspiegel aufgehangen, und seit 1671 bis auf die neuesten Zeiten beobachtet ist[1]. Cassini's Beobachtungen ergaben 9°,585 R. für den Winter und 9°,565 für den Sommer[2], also nur einen Unterschied von 0°,02. Bouvard[3] erhielt 1808 etwas mehr, nämlich 9°,638, woraus man auf eine Vermehrung der Temperatur schliefsen könnte, allein der Unterschied ist zu unbedeutend, und vermuthlich eine Folge der Graduirung des Thermometers, dessen Scale 1817 durch Arago berichtigt ist, und 11°,7 C. als bleibende mittlere Temperatur zeigt[4], denn 1824 war dieselbe genau gemessen 11°,747 C. und die Veränderung betrug nicht mehr als 0°,03. De Saussüre[5] fand in der Grotte von Balan unweit Genf 160 F. weit vom Eingange 7°,5 R., in einer andern 9°,5 R. Bei Thermometern, welche er in die Erde senkte, fand er die Differenzen stets mehr abnehmend, je tiefer sie standen, und zuletzt fast verschwindend[6]. Ein in Genf in einem Brunnen von 11 Metres Tiefe gesenktes Thermometer zeigte[7] von 1796 bis 1805 als Maximum 9°,9 im December 1804 und 7°,3 R. im Juni 1798. Die Commission des Arts fand im Josephsbrunnen, welcher in der Citadelle von Cairo 200 F. tief ausgegraben ist, eine beständige Temperatur von 22°5 C. und viele ähnliche Resultate geben die Beobachtungen v. Humboldt's, Hamilton's[8] u. a. Ich selbst habe seit 1820 zu andern Zwecken drei Thermometer in 1,5; 3 und 5 F.

---

1 Die ältesten Beobachtungen sind nach der genaueren Bestimmung der neueren Thermometerscalen auf diese reducirt.

2 Mém. de l'Ac. 1786. p. 511. J. de Ph. XXXV. 190.

3 J. d. Ph. LXVI. 407.

4 Ann. Ch. et Ph. 1817. Dec. Ebend. XXVII. 370. Vergl. de la Metherie Théorie de la Terre. III. 357.

5 Voyages dans les Alpes. 1780—86. IV. T. 8. I. 178 u. 324.

6 Ebend. III. 228.

7 Journ. de Ph. LXVIII. 224.

8 Bibl. Brit. VIII. 336.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Tiefe in die Erde gesenkt, und vermittelst derselben gleichfalls den Satz bestätigt gefunden, dafs die Veränderungen in den Temperaturen der Erdrinde den Tiefen umgekehrt proportional sind.

Als Resultate aus den verschiedenen thermometrischen Messungen der Temperatur der Erdrinde, geht also Folgendes hervor.

1. Die Einflüsse der täglichen Veränderungen der äufseren Wärme reichen bis 1,5 F. der Erdrinde und verschwinden bei 3 F. Tiefe [1], indem das eine der von mir beobachteten Thermometer in der letzteren Tiefe die stärksten Einflüsse erhöhter oder verminderter Wärme, z. B. durch die Sonnenstrahlen oder den Regen, selten schon am zweiten, meistens erst am dritten Tage oder später bemerkbar machte.

2. Die monatlichen Einflüsse fangen an zu verschwinden bei 5 F. Tiefe. Das längste meiner Thermometer wurde nämlich durch die Aenderungen der äufseren Temperatur in der Regel erst einen halben oder einen ganzen Monat später afficirt. Es fiel z. B. das Maximum der Sommerwärme bei dem 1,5 F. tiefen Thermometer im Jahre 1821 auf den 26. Aug., bei dem in 5 F. Tiefe auf den 7. Sept.; im Jahre 1822 bei jenem auf den 9ten Juni, bei diesem auf den 10. Juli, im Jahre 1823 bei jenem auf den 31. Aug. bei diesem auf den 7. Sept.; im Jahre 1824 bei jenem auf den 15. Juli, bei diesem auf den 13. Aug.; im Jahre 1826 bei jenem auf den 5. Juli, bei diesem auf den 30. August. Dagegen fielen die Minima 1821 auf den 2. Jan. und 21. Febr.; 1822 auf den 14. Jan. und den 1. Febr.; 1823 auf den 14. Jan. und den 9. Febr.; 1824 auf den 19. Jan. und den 4. Febr. Diejenigen Thermometer, welche Maurice [2] von der Oberfläche bis zu 3 F. Tiefe in die Erde gesenkt hatte, waren hiernach nicht tief genug, um gehörige Resultate zu geben.

3. Das Verschwinden der jährlichen Veränderungen vom Maximo im Sommer bis zum Minimo im Winter läfst sich daher etwa zu $\frac{12}{2} \times 5$ F. $= 30$ F. annehmen. Hiermit stimmen de Saussure's [3] Erfahrungen überein, welcher Thermometer

1 Fourier Théorie de la Chaleur. p. V. setzt diese Grenze auf ohngefähr 3 Met.

2 Bibl. Brit. VIII. 343.

3 Voy. III. §. 1418.

in ein tiefes Loch senkte, und in einer Tiefe von 29,5 F. nur 1° R. Veränderung beobachtete.

4. Der vorstehende Satz ist jedoch nur dann richtig, wenn jeder Zugang nach Aufsen abgeschnitten, und der Boden etwas fest ist. Bei lockerem Erdreiche, in welchem das Wasser leichter und tiefer eindringt, kann dieser Punct so nahe nicht liegen, und ich glaube vielmehr, dafs die Grenze der gleichbleibenden Temperatur der Erdrinde allgemein nicht höher als etwa in 60 F. Tiefe gesetzt werden kann.

Die Temperatur der äufseren Erdrinde kann aus begreiflichen Gründen am leichtesten erkannt werden aus der Wärme von Quellen, welche aus gröfserer Tiefe entspringen, indem diese dem äufseren Wechsel der Temperatur nicht unterworfen sind, und unverändert eine der mittleren des Ortes sehr nahe gleich kommende Wärme haben. Wenn sich bei denselben eine Veränderung zeigt, so besteht sie darin, dafs sie im Winter etwas wärmer sind als im Sommer, weil sie zu jener Zeit mehr das Regenwasser der heifsen Monate, zu dieser das Schneewasser der kalten wiedergeben, der geringe Unterschied beurkundet indefs genugsam, dafs die Erdschicht, woraus sie entspringen, eine unveränderliche Temperatur hat, welche nach vielfachen Untersuchungen von der mittleren des Ortes nur wenig verschieden ist. Roebuck kam daher schon auf die Idee, die Wärme der Erde und zugleich die mittlere des jedesmaligen Ortes aus den Quellen zu messen, indem er die letztere für London = 52°,16 F. für Edinburg = 47,7 die ersteren dagegen 51°,02 und 47° F. fand, ohne dafs man die Sache weiter beachtete [1]. Auf Cavendish's Antrag mafs indefs zur Prüfung dieser Behauptung J. Hunter [2] die Wärme der Quellen auf Jamaica, und fand sie mit der mittleren jenes Ortes übereinstimmend = 80° F. Seitdem haben insbesondere v. Humboldt, dann Wahlenberg, L. v. Buch, Tralles, früher schon Beguelin u. a. die Sache vielfach bestätigt. A. v. Humboldt [3] hat die Berichtigung hinzugefügt, dafs in niederen

1 Phil. Trans. 1775. p. 459.

2 Ebend. 1788.

3 Reisen u. s. w. deutsche Ueb. Tüb. 1818. II. 130. J. de Ph. LXVI. 425. D'Aubuisson Traité de Geognos. I, 427.

Breiten die Quellen eine etwas geringere, in höheren eine etwas gröfsere Wärme zeigen, als die mittlere der Oerter. So fand er zu Cumanacao die mittlere Temperatur der Luft = 25 bis 26° C., die der Quellen = 22°,5; zu Cuba jene = 25° C., diese nach der Angabe in tiefen Grotten = 22 bis 23°. Wahlenberg hat viele Untersuchungen angestellt, um die mittlere Temperatur der Oerter aus der Wärme tiefer Quellen zu finden [1], erhielt aber unter andern mit L. v. Buch [2] auf dem Gotthard, wo die mittlere Temperatur = 0 ist, die der Quellen = 3° C.

Inzwischen hat dieses Mittel zur Bestimmung der mittleren Temperatur der Oerter und der unveränderlichen Wärme der äufseren Erdrinde, welches man als ein untrügliches anzusehen geneigt war, neuerdings durch einige genaue Untersuchungen von seinem Ansehen etwas verloren. Nach Erman [3] erhielt Wahlenberg aus dem Louisenbrunnen bei Berlin im Mittel 7°,68. R., er selbst dagegen 7°,59. Aus anderen länger beobachteten Quellen fand Erman 8°,033 oder 8°,066. Aus den Beobachtungen eines Thermometers im Schatten fand Beguelin 7°,787, v. Humboldt 6,8 oder 6,4 und Tralles mit grofser Sorgfalt 6°,4, welche Gröfsen bedeutend abweichen. Erman kam daher auf die Vermuthung, die chemischen Zersetzungen machten die Quellen wärmer, die Auflösungen von Salzen kälter, wogegen aber die Temperatur der Salzquellen streitet, welche höher ist, als die mittlere der Oerter, und um so höher, je reicher die Quellen sind. Auch Merian [4] untersuchte sorgfältig 8 Quellen, welche meistens in Basel selbst und aus ungleichen Tiefen entspringen. Die tiefern änderten allerdings das ganze Jahr hindurch ihre Temperatur nicht, die flacheren wechselten mit den Monaten. Die mittlere Temperatur aller differirte im ganzen Jahre von 8°,6 C. bis 10°,1, und das allgemeine Mittel aus allen war 9°,5 C. oder mit Ausschlufs der minder sicheren 8°,6. Uebrigens schliefst er aus seinen Beobachtungen, dafs die flacheren, anhaltend und oft beobachtet, die mittlere Temperatur des Ortes am sichersten geben.

---

1 G. LI. 115.

2 D'Aubuisson a. a. O.

3 Berlin. Denksch. 1818 S. 377.

4 Abhandlung über die Wärme der Erde in Basel. Bas. 1823. 4.

Aus den bisherigen Untersuchungen ergiebt sich als Endresultat, dafs zwar die Bestimmung der Temperatur der äufseren Erdrinde keineswegs so ganz unsicher ist, als die des Erdkernes, dennoch aber gar manchen Schwierigkeiten unterliegt, wenn man vollkommene Genauigkeit verlangt. Eben dieses haben auch schon andere Physiker gefunden [1]. Sie aus der Temperatur der Höhlen, der Schachte oder tiefer Keller zu finden, ist wegen mancher äufseren Einflüsse, namentlich der Luftströmungen etwas unsicher. So fand v. Humboldt in den Minen der Andes südlich vom Aequator in einer Höhe von 3700 Met. 13°,7 bis 14°,2 C. bei einer äufseren Temperatur von — 2°,5 und + 8°, in Micuipampa in einem Bergwerke Peru's auf 1000 Met. Höhe 18°,7; in den Kalkhöhlen von Cuba 22°,5. Die Untersuchung der Quellen läfst gleichfalls einige Ungewifsheit zurück. v. Humboldt fand in der Provinz Caraccas und in den Ebenen von Rom die Quellen stets 4 bis 5° kälter als die mittlere Temperatur der Oerter, und hiernach bleibt also fraglich, nach welchem Gesetze die gefundenen Gröfsen jederzeit corrigirt werden müssen.

Das beste Mittel zur Bestimmung der mittleren Temperatur scheint mir die Beobachtung von Thermometern, welche ungleich tief in die Erde gesenkt sind. Die oben erwähnten, von mir seit einigen Jahren beobachteten, in 1,5; 3 und 5 F. Tiefe befindlichen [2], wovon ich das tiefste durch A und die folgenden durch B und C bezeichnen will, gaben im Mittel aus ganz jährlichen Beobachtungen in Graden nach R.

1822 A = 9°,81; B = 10°,17; C = 9°,98
1823 A = 8,27; B = 8,46; C = 8,20

Man ersieht schon aus diesen wenigen Resultaten, dafs erstlich die warmen Jahre eine weit gröfsere Wärme geben als die kälteren, und die einzelnen Beobachtungen der Quellen daher kein genaues Resultat versprechen. Zweitens sind zwar die Temperaturen der äufsersten Erdrinde und der nur 5 Fufs tiefen Schicht im Mittel eines ganzen Jahres einander gleich, allein bei warmen Jahren erhält doch die obere Kruste in 1,5 F. eine gröfsere Wärmemenge, als die in 5 F. tief befindliche, waraus

1 v. Humboldt a. a. O.

2 Eine nähere Beschreibung derselben und der damit erhaltenen Resultate s. *Temperatur*. Daselbst werde ich mich auch über die Differenz des mittleren Thermometers erklären.

folgt, dafs die jährlichen Veränderungen selbst in dieser geringen Tiefe schon eine Modification erleiden.

C. Temperatur der Erdoberfläche.

Die Temperatur der Erdoberfläche fällt mit der Wärme der äufseren, die Erde zunächst berührenden, Luftschicht nahe zusammen, steigt und fällt mit dieser, wechselt mit den Tags- und Jahres-Zeiten, und wird in der Regel nicht selbst gemessen, sondern aus Beobachtungen der im Schatten aufgehangenen Thermometer bestimmt. Um aber von diesen weitläuftigen Untersuchungen dasjenige zu scheiden, was nicht unmittelbar zur Sache gehört, also die Wärme der Erdrinde nicht unmittelbar betrifft, bemerke ich, dafs die Regeln und Methoden, die sogenannte mittlere Temperatur der Tage und Jahre, die Maxima und Minima, die Bedingungen des Wechsels gröfserer und geringerer Hitze und Kälte, die Extreme beider sammt den verschiedenen bedingenden Ursachen hiervon und alles dahin Gehörige unter dem Artikel *Temperatur* abgehandelt werden wird. Was also hier als Temperatur der Erdoberfläche zur Untersuchung kommt, ist im Wesentlichen Folgendes.

1. Da die Temperatur der Erdoberfläche im Allgemeinen von der Einwirkung der Sonnenstrahlen abhängt, so ist die Wärme der Erdrinde in der Regel bedeutend gröfser, als die der darauf ruhenden Luftschicht, weil in dem dichteren Körper weit mehr Wärme entbunden wird, als in der dünneren Luft. Hieraus erklärt sich die oft brennende Hitze in den Wüsten, insbesondere wenn sie mit tiefem Sande bedeckt sind, und der Feuchtigkeit ermangeln [1]. Ohne die directe Einwirkung der Sonnenstrahlen ist der Unterschied minder bedeutend, und im Ganzen darf man beiden, sowohl der Erdoberfläche als auch der sie berührenden Luftschicht die nämliche mittlere Temperatur beilegen. Wahlenberg [2] stellt die Regel auf, dafs die mittlere Temperatur der Luft unter 46° N. B. mit der mittleren des Bodens zusammen fällt, von hieran aber nach Norden hin schneller, nach Süden langsamer abnimmt, allein dieses pafst zwar wohl auf Norwegen und Schweden, keineswegs aber allgemein, wie die folgenden Untersuchungen zeigen.

---

1 Vergl. *Temperatur.*

2 De vegetatione et climate in Helvetia p. LXXXIV.

2. Wenn man hiernach die Wärme als allein durch den Einfluss der Sonnenstrahlen erzeugt annimmt, so folgt, dass die Menge der auf eine gegebene Fläche fallenden Strahlen sowohl, als auch der senkrechte Stoss derselben dem Sinus der Sonnenhöhen proportional sind, ihre gemeinschaftliche Wirkung muss also mit dem Quadrate dieser Sinusse abnehmen, und da diese zugleich mit den Graden der Breite zusammenfallen, so stellte T. Mayer [1] die allgemeine Formel für die mittleren Temperaturen der Erde auf, wonach

$$y = m - n \text{ Sin.}^2 \text{ lat.}$$

seyn soll. Hierbei käme es auf die Bestimmung der Coëfficienten an, allein die Erfahrung zeigt, dass die Formel auf keine Weise allgemein gültige Resultate giebt. Wird $m = n = 24°$ R gesetzt, so ist $y = m \text{ Cos.}^2 \text{ lat.}$, wonach für die verschiedenen Breiten und mit Rücksicht auf die wechselnden Sonnenhöhen folgende Werthe für die nördliche Halbkugel erhalten werden [2], welche durch Vertauschung des Standes der Sonne im Zeichen des Krebses und Steinbocks leicht auf die südliche Hemisphäre übertragen werden können.

Breiten	Stand der Sonne.		
	Krebs	Steinbock	Widder und Waage.
0°	20°,4	20°,4	24°,0
10	22,5	16,5	22,8
20	23,5	12,4	20,6
30	23,5	8,4	17,7
40	21,6	4,3	13,9
50	18,9	1,9	9,6
60	15,3	0,24	8,0
70	11,3	0,07	2,6
80	7,2	— 1,0	0,7
90	3,6	— 3,6	0,0

Lichtenberg findet zwar, dass die hiernach erhaltene Bestimmungen mit denen übereinkommen, welche die Erfahrung giebt, allein indem er sich hierbei auf Cotte [3] bezieht, so sieht man bald, dass nur ein geringer Theil der nördlichen Halbku-

1 Opera inedita ed. G. C. Lichtenberg Gött. 1775. I. 4.
2 Vergl. G. G. Schmidt Naturl. p. 618.
3 Traité de Météorologie Par. 1774. 4.

gel berücksichtigt ist. Uebrigens haben schon Halley [1], Mairan [2], Wolf [3], L. Euler [4] und insbesondere Lambert [5] diesen Gegenstand weitläuftig behandelt, die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen theoretisch zu bestimmen gesucht, dabei auf die Länge der Tage und Nächte, die Höhe der Sonne und auch die Entfernung derselben Rücksicht genommen, allein da die Resultate mit der Erfahrung dennoch unvereinbar bleiben, so übergehe ich eine weitere Mittheilung ihrer Darstellungen. Andere beziehen sich mehr auf die Beobachtungen, z. B Kirwan [6], welcher 24° R. als mittlere Wärme unter dem Aequator annimmt, und hiernach folgende Werthe findet

Grade N. B.		Mit Rücksicht a. Local.	Ohne Rücksicht a. Local
59° 56′	*Petersburg*	3°,0	5°,7
59 20	*Stockholm*	4,4	5,0
52 31	*Berlin*	7,5	8,4
51 31	*London*	8,4	8,8
48 50	*Paris*	8,8	9,7
48 12	*Wien*	8,4	9,8
44 50	*Bourdeaux*	11,3	11,5
43 17	*Marseille*	12,9	12,0
15 20	*Manilla*	20,4	21,3
36 49	*Algier*	17,7	14,6
11 20	*Pondichery*	24,8	22,2
0 30 S. B.	*Quito*	13,3	23,1

Zur Vergleichung dieser Angaben kann der Kürze wegen füglich die unten folgende Uebersicht dienen.

Unter die gehaltreichsten Untersuchungen über diesen Gegenstand gehören ohne Widerstreit die von D' Aubuisson de Voisins [7]. Dieser gründet auf einige genaue Beobachtungen die Formeln

$$T' = T \text{ Cos. } ^{2,25} \text{lat. und } T' = T \text{ Cos. } ^{2} \text{lat.}$$

---

1 Phil. Tr. Nro. 23. Art. 9.

2 Mém. de l'Ac. 1719. p. 104. 1765. p. 143.

3 Abhandlung vom kalten Winter 1709. in Thümmigii Meletemata varii et rarioris argumenti. Lips. 1726.

4 Comm. Ac. Pet. 1739. T. IX.

5 Pyrometrie. Berl. 1779. 4. p. 305.

6 Angabe von der Temperatur von den verschiedenen Breiten der verschiedenen Länder und Städte. Uebers. von Crell. Berlin 1788. 8.

7 Traité de Geognosie. I. 428.

hält die erstere A für die genaueste, die zweite B für hinlänglich, um die Temperaturen in genäherten Werthen zu erhalten, und findet hiernach folgende Gröfsen in Graden der Centesimalscale[1]:

Beob. Oerter.	Breiten	Beob.	Temperaturen berechnet nach A	nach B.
Cairo	30° 2′	22,5	21,7	20,3
Paris	48 50	11,7	11,7	11,7
London	51 29	10,8	10,3	10,5
Cork	51 54	10,6	10,0	10,3
Dublin	53 20	9,6	9,3	9,6
Eniscoo	54 48	9,3	8,6	9,0
Bellycastle	55 12	8,9	8,5	8,8
Stockholm	59 20	7,5	6,7	7,1
Torneö	65 51	3,0	3,9	4,5
Wadsoë	70 20	2,2	2,5	3,0

Die Uebereinstimmung der Beobachtungen, wovon die englischen von Hamilton[2], die schwedischen von Hellant[3] sind, und für sehr genau gelten können, ist allerdings überraschend, allein die Sache verliert an Gewicht, sobald man berücksichtigt, dafs die Oerter sämmtlich nahe genau unter den Meridianen von Paris und Berlin liegen, Beobachtungen unter andern Meridianen aber ganz abweichende Resultate geben. D'Aubuisson gesteht dieses selbst, und setzt noch hinzu, dafs die Differenzen noch gröfser werden, wenn man die Temperaturen nicht nach den Quellen mifst, wie hier geschehen ist, sondern aus Thermometerbeobachtungen im Schatten erhält, wie folgende Uebersicht zeigt:

---

1 In einem früheren, schon 1806 gedruckten Aufsatze nahm er für die Constante T die Temperatur im Gewölbe der Pariser Sternwarte = 12° C. und fand hiernach $T' = 31° \cos.^{2,25} lat.$ und $T' = 28° \cos.^{2} lat.$

2 Bibl. Brit. VIII.

3 Stockholmer Denksch. 1753.

Oerter	Breiten	Temperaturen beob.	berechn.	Diff.
Cumana	10° 27′	27°,7	26°,1	— 1,6
Neapel	40 50	17 ,4	15 ,4	— 2,0
Rom	41 53	15 ,7	15 ,0	— 0,7
Toulouse	43 36	14 ,5	14 ,7	+ 0,02
Bourdeaux	44 50	13 ,6	13 ,6	+ 0,0
Paris	48 50	11 ,0	11 ,7	+ 0,7
London	52 30	10 ,3	10 ,5	+ 0,2
Coppenhagen	55 41	7 ,7	8 ,6	+ 0,9
Stockholm	59 20	5 ,7	7 ,0	+ 1,3
Nord-Cap.	71 30	0 ,1	2 ,7	+ 2,6

Die anfangs blofs negativen, nachher blofs positiven Differenzen zeigen genugsam, dafs die Formel den Beobachtungen nicht Genüge leistet, jedoch liefse sich für diese leicht eine finden, da die Differenzen regelmäfsig wachsen, wenn man hoffen könnte, hierdurch auch für die mittleren Temperaturen unter anderen Meridianen eine geeignete Formel zu erhalten. Aufser dem aber giebt die Formel die mittlere Temperatur unter dem Pole = 0, welches auf allen Fall viel zu hoch ist. Das Einzige, was scih also nach D'Aubuisson aus diesen Untersuchungen folgern läfst, ist, dafs für niedere und mittlere Breiten nicht weit über dem Meeresspiegel auf dem Lande und nahe genau auch über der Oberfläche des Meeres die mittlere Wärme der Oerter in genähertem Werthe durch die Formel $T' = 27° \cos.^2 lat.$ ausgedrückt wird, wonach also vom 30sten bis 60sten Grade der Breite unter den angegebenen Bedingungen die mittlere Wärme der Oerter für jeden Grad der Breite um 0,5 C. abnimmt. Hierbei ist indefs blofs von der mittleren ganz jährlichen Temperatur die Rede, nicht aber von den Extremen, indem in dieser Hinsicht das Meer z. B. sich ganz anders verhält, als das feste Land. Die Angabe stimmt übrigens sehr nahe mit derjenigen überein, welche Hamilton[1] aus seinen Beobachtungen in tiefen Kellern, desgleichen der Brunnen und Quellen für Irland folgert, wonach sich die mittlere Temperatur für jeden Breitengrad um 1° F. ändern soll. Dafs beide Bestimmungen nicht allgemein seyn können, ergiebt sich von selbst.

3. Es ist seit langer Zeit bekannt, dafs die nördliche Halbkugel, wenigstens dafs die Meere derselben, ungleich wärmer sind, als die der südlichen Halbkugel. Vor allen Din-

1 Bibl. Brit. VIII. 336.

gen zeigt sich ein merkwürdiger Unterschied, wenn man das Eismeer bei Spitzbergen mit den südlichen Meeren vergleicht. Obgleich nämlich manche Nachrichten von den Höhen, bis wohin Schiffe im nördlichen Polarmeere gekommen seyn sollen, nicht zuverlässig sind[1], so ist es doch gewifs, dafs der rühmlichst bekannte Scoresby einigemale über den 81. Grad N. B. hinausgekommen ist, und einmal 81° 30′ wirklich erreicht hat[2]. Das Schiffen bis zum 80. Grade der Breite in jenem Eismeere gehört aufserdem zu den gemeinen Erscheinungen. Ganz anders aber verhält es sich auf der südlichen Halbkugel. Nach Cook stand am 5ten Dec. 1772 in 47° 10′ S. B. das Thermometer auf 2°,6 R. und in 49° 45′ fand er ein Stück Treibeis, dessen Gröfse er auf 1000 Mil. Cub. F. angiebt. In 51° hatte er am 10ten Dec. 1°,7 R. Wärme am Thermometer, und unter 53° S. B., also etwa der Breite von Amsterdam traf er Frost, Eis und Schneegestöber. Am 17ten Jan. 1773 konnte er unter 67° 15′ wegen Treibeis nicht weiter kommen. Im Jahre 1774 traf er am 20sten Jan. unter 62° S. B. Eisinseln, passirte den 28sten Jan. als er Tag ohne Nacht hatte, zwischen Eisbergen den südlichen Polarkreis, und konnte am 30sten desselben Monates unter 71° 10′ vor Eise nicht weiter kommen. Im Jahre 1775 konnte er um dieselbe Zeit nicht weiter als bis zum 60° S. B. verdrängen. Bellinghausen fand in Neu-Georgien unter 54° S. B. im Monat December alles mit Schnee bedeckt und die Buchten voll Eis, drang bis 69° 30′ S. B. vor, konnte aber des undurchdringlichen Eises wegen nicht südlicher kommen[3]. Die höchste südliche Breite hat bisher Weddel am 20sten Febr. 1823 erreicht, nämlich 74° 15′, und wenn seine Angabe gegründet ist, so mufs man sich allerdings wundern, dafs er dort das Meer, so weit das Auge reichte, ganz frei von Eise fand[4]. Hiernach geht also das Eis, welches die Pole um-

1 S. unten Absch. VII.

2 An Account of the Arctic Regions with a History and Description of the Northern Whale-Fishery. In two Vol. 8. Edinb. 1820. I. 42. Es wird zwar oft, unter anderm in Corresp. Ast. XIV. N. 3 behauptet, Tchischagoff und Scoresby seyen bis zum 84sten Grade gekommen, allein dem eigenen bestimmten Zeugnisse des Letzteren ist unstreitig mehr zu trauen.

3 Simonoff in Cor. Ast. a. a. O.

4 A Voyage towards the South-Pole in 1822 — 4. containing

giebt, am Nordpole bis zum 9ten, am Südpole bis zum 18ten Grade d. B., und auf der südlichen Halbkugel gelangen die ungeheuren Massen, welche sich hiervon trennen, bis zum 60sten, ja sogar bis zum 49sten Grade der Breite, welches mit der nördlichen Halbkugel verglichen eine Breite von Boulogne und Abbeville bezeichnet. Zugleich darf man nicht sagen, dafs dieses blofs vom Meere gelte, denn das Feuerland jenseit der Magellanischen Meerenge unter 55° S. B. also mit Preufsen correspondirend, ist mit ewigem Schnee bedeckt[1].

Inzwischen beginnt dieser Unterschied der Temperatur beider Halbkugeln erst in höheren Breiten, wie folgende Zusammenstellung der auf dem Meere beobachteten Wärme nach Al. v. Humboldt[2] zeigt.

Breiten	Corresp. Monate.	Mittlere Temp. nach C. südl. Halbk.	nördl. Halbk.
0° bis 15°	December Junius	28°,0	. . . . . 28°,5
18°	October April	. . . . . . 27°,5	26°,5 . . . . .
22° bis 26°	Januar Julius	. . . . . . 22°,5	19°,3 . . . . .
—	September März	. . . . . . 20°,8	20°,5 . . . . .
34°	December Junius	. . . . . . 13°,8	15°,4 . . . . .
—	Februar August	. . . . . . 16°,8	17°,0 . . . . .
43°	Julius Januar	. . . . . . 15°,2	18°,2 . . . . .
48°	Junius December	. . . . . . 7°	17°,7 . . . . .
58°	Julius Januar.	. . . . . . 6°,2	13°,5 . . . . .

an examination of the antarctic sea to the 74. degree of Lat. cet. By Jam. Weddel. Lond. 1825. 8. Vergl. Edinb. Phil. Journ. N. XXIII. 149.

1 Vergl. Biot Ast. II. 278.

2 Reisen d. Ueb. I. 362.

Einen sehr merklichen Unterschied fand ferner Duperrey schon auf den Malwinen unter 51° 30′ S. B. Als mittlere Temperatur erhielt er in den 18 Tagen vor dem Sommersolstitium 9° C. statt dafs dieselbe Zeit für London 15°, also einen Unterschied von 6° giebt[1].

Welche Ursachen diesen Unterschied erzeugen mögen, hat man oft gefragt, und früherhin diese Erscheinungen mit andern Abweichungen der südlichen Halbkugel in Verbindung gebracht. Seitdem aber erwiesen ist, dafs die südliche Halbkugel eine gleiche Gröfse und Gestalt hat, als die nördliche, fällt dieses Letztere weg. Die wahrscheinlichen Ursachen liegen aber zuerst in dem fast um 8 Tage längeren Sommer der nördlichen Halbkugel, welcher Unterschied durch die gröfsere Sonnennähe im Winter, obgleich diese nahe genau 672000 Meilen beträgt, nicht aufgewogen wird[2]. Ein zweiter Grund liegt in der gröfseren Ländermasse der nördlichen Halbkugel, wodurch mehr Wärme entwickelt wird. Die Sonnenstrahlen werden nämlich vom Wasser mehr spiegelnd reflectirt oder dringen tiefer in dasselbe ein, ohne auf gleiche Weise Wärme zu erzeugen, als dieses über festem dunkleren Erdreiche der Fall ist. Einen dritten Grund möchte ich in die individuellen Meeresströmungen setzen, wovon sogleich ausführlicher die Rede seyn wird.

4. Die Beobachtungen bieten uns indefs rücksichtlich der Temperatur der verschiedenen Orte noch eben so grofse als unzweifelhafte Abweichungen von der Regel dar, welche sich im Wesentlichen auf folgende Sätze zurückbringen lassen. Wenn wir von den besonderen klimatischen Einflüssen und der Temperatur des Meeres abstrahiren, so haben Schottland mit seinen Inseln, insbesondere aber Norwegen, Lappland und Finnland eine weit gröfsere Wärme, als sie nach ihrer nördlichen Lage haben sollten, und unterscheiden sich hierdurch sehr auffallend vom nördlichen Sibirien und noch weit mehr vom nördlichen America. Wenn ich hierbei Schottland übergehe, dessen Wärme aus der Nähe des Meeres erklärlich ist, so erscheint Norwegen, Lappland und Finnland so viel auffallender. Man findet dort, namentlich in Mageroë, Kielvig, Hammerfest, Alten u. s. w. Stellen, wo im Sommer kurzes Gras wächst, und sich im Win-

1 Con. des Tems. 1828. p. 254.

2 Vergl. Lambert Pyrometrie. p. 310. §. 589.

ter unter dem Schnee erhält, so dafs es von den Fieldlappen unter demselben aufgesucht und als Futter für das Vieh benutzt wird. Solche Stellen liegen meistens unter Felsenabhängen, und das Gras auf denselben dient den Schafen, hauptsächlich aber den Rennthieren zur Nahrung. In guten Kellern friert es dort nie, statt dafs unter gleichen Breiten in Sibirien der Boden nie aufthauet oder nur wenige Fufs durch den Einfluſs der Sonnenstrahlen in den langen Tagen[1]. Diese, durch viele Zeugnisse bestätigte gröfsere Wärme jener Gegenden kommt nicht sowohl durch die Luft, als vielmehr vom Inneren des Bodens, indem andere Gegenden von Finnmarken, welche nicht durch eine günstige Lage klimatische Vorzüge haben, ganz die Rauheit ihrer nördlichen Breite empfinden. So erfror in Altengaard im unteren Theile von Finnmarken am 19ten Juli 1812 das Kartoffelnkraut, das Thermometer kommt nicht über 12°,5 C. und es friert selbst in Kellern, wenn sie nicht gut verwahrt sind[2].

Die grofse Kälte der Oerter in Sibirien, welche unter gleichen Parallelen liegen, als die genannten, ist zu bekannt, um noch besonders erwähnt zu werden, aber am meisten ist man in neueren Zeiten auf die unglaubliche Kälte im nördlichen Theile von America aufmerksam geworden. Wollte man von tiefer im Continente liegenden Oertern abstrahiren, so bleibt es doch sehr auffallend, dafs die Temperatur der östlichen Küste von America ungleich geringer ist, als der westlichen von Europa, und weit mehr der östlichen von Asien gleicht[3]. Obgleich von dem nämlichen Meere bespült, wird die Hudson's-Bay und Hudson's-Strafse im Mittel unter 60° N. B., also unter dem Parallel des noch immer milden Bergen nie von Eise frei, und die Küsten dort, wenigstens die nördlichen, sind für Europäer unbewohnbar. Der Unterschied beginnt schon in mittleren Breiten, und ist so viel auffallender, da die Rauheit des Klima's, oder mindestens die Kälte einzelner Winter selbst die Ostküste von Asien unter gleichem Parallele übertrifft, wovon einige Beispiele den Beweis liefern mögen[4]. In Hallowel

1 L. v. Buch Reise nach Norwegen und Lappland. 2 Th. Berl. 1810. 8. II. 89.

2 Bedemar Reisen. II. 94.

3 Mem. of the Soc. of Philadelphia. T. I.

4 Vergl. *Temperatur*, wo die Sache ausführlicher abgehandelt wird.

und Massachusetz[1] unter 44° 16′ N. B. dicht über dem Meere stand das Thermometer in der Nacht vom 22sten bis 23sten Jan. und vom 26sten bis 27sten Jan. 1807 auf — 37,5 C. v. Langsdorf[2] fand in Neuarchangel unter 57° N. B. das Klima ziemlich milde. Der 11te Jan. 1806 war der kälteste Tag, hatte aber nur — 20° C., und ein anwesender Americaner Dwolf versicherte ihn, es sey dort gelinder als in Boston, Rhode-Island u. a. a. O. Vorzüglich hat sich v. Chamisso[3] ausführlich über diesen Gegenstand erklärt. Die aleutischen Inseln unter der Breite von Hamburg haben stets ein winterliches Ansehen, und am 5ten Juli 1817 ging dort zuerst das Eis auf. Im Hafen Peter-Paul unter 53° 1′ zeigte sich den 29sten Juni 1816 das erste Erwachen des Frühlings. Nur die Birke wächst dort verkrüppelt, ungeachtet der Hafen gegen den Wind geschützt ist. Vielleicht würde dort Sommerkorn, wie in Lappland unter 70° N. B. aufkommen, allein der Versuch wäre zu unsicher, und man bauet daher nur Kartoffeln, welche kleine, aber eſsbare Knollen geben. Die Schneegrenze geht nach v. Buch in Mageroë unter 71° N. B. bis auf 300 Toisen herab, und nicht höher soll sie auf Unalaschka unter 54° N. B. seyn. Auf dieser nämlichen Insel ragen die Weiden kaum über das Gras hervor, welches übrigens üppig vegetirend die feuchten Thalgründe bedeckt. Erhebt man sich etwas aus diesen Niederungen, so hat man eine durchaus alpinische Flora. In der St. Laurent's Bucht unter 65° 30′ ist die Erde stets gefroren, und thauet bloſs durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen einige Fuſs tief auf, und dann wächst Gras und Weiden, welche aber bloſs bis ans Knie reichen. Im Kotzebue-Sund und am Ausflusse des Mackenzie-River unter 68° N. B. ist die Vegetation fast besser, allein dort giebt es sogar Stellen, wo das ewige Eis mit einem oder zwei Fuſs hoher Dammerde bedeckt ist, in welcher das Gras seine Wurzeln hat. Am auffallendsten sind die Beobachtungen von Parry und Franklin über die unglaubliche Kälte des nördlichen Theiles von America. Ersterer beobachtete unter andern in Melville unter 74° N. B. am 26sten Sept. schon —15°,75 C., im Januar einmal 17 Stunden anhaltend —45° als

1 Trans. of the Amer. Soc. 1809.
2 Reisen. II. 88.
3 Kotzebue's Reis. III. 163

gröfste Kälte aber — 48°,5. Selbst im Juni zeigte das Thermometer einmal — 2° C. im August — 5°,6, und blofs im Juli kam die Temperatur nicht unter 0°. Dennoch aber wird dieses noch übertroffen durch das, was FRANKLIN auf dem Festlande erlebte, indem er unter 64° 30′ N. B., also 1° 20′ niedriger als Torneö, und 112° W. L. von Greenwich — 49°,3 C. beobachtete [1]. Dafs in jenen Gegenden die mittlere Temperatur nicht = 0 seyn könne, folglich auch die oben angegebene Formel nicht als allgemein gültig zu betrachten sey, ergiebt der Augenschein [2].

Man hat sich verschiedentlich Mühe gegeben, die Ursachen dieser Ungleichheiten aufzufinden. Der Spanier ACOSTA [3] leitet die gröfsere Kälte in America von dem Einflusse der Winde ab, allein diese Hypothese verdient gar keine ernstliche Widerlegung. D'AUBUISSON [4] und G. G. SCHMIDT [5] finden mindestens einen Theil dieser grofsen Kälte in Sibirien und Nordamerica aus der geringen Cultur des Bodens und den grofsen Wäldern erklärlich, allein hiergegen streitet das Verhalten der Meeresküsten, insbesondere seitdem es ausgemacht ist, dafs das nördliche americanische Continent unter etwa 68° N. B. an das Meer grenzt. v. CHAMISSO [6] sucht die gröfsere Wärme Norwegens aus den Strömungen der warmen Luft abzuleiten, welche von den Sandwüsten Africa's dorthin gelangen sollen. Dieser Grund hat allerdings viel für sich, allein er erklärt gerade die specielle Erscheinung, nämlich die höhere Temperatur Norwegens nicht, theils weil vermöge der Axendrehung der Erde

---

1 S. G. LXXIII. 63.

2 Ein Ungenannter in Trans. of the Royal Soc. of Edinb. 1820, vergl. Bibl. univ. XVII. 259 giebt sich viele Mühe darzuthun, dafs die Formel $T' = 22° \text{ R. Cos.}^2 \text{ lat.}$, mit den Beobachtungen besser übereinstimmen als die von KIRWAN oben angegebene, welcher 24° R. annimmt, und eine weitläufige Tabelle soll diesen Satz begründen. Allein die Widerlegung folgt aus dem im Texte gesagten von selbst. Leichter würde T. MAYER's Formel, $T = m - n \text{ Sin.}^2 \text{ lat.}$ für höhere Breiten passend werden, wenn man n gröfser als m nähme, allein dann würde sie den niederen Breiten nicht angemessen seyn. Eine allgemein passende Formel ist bei so grofsen Abweichungen unmöglich.

3 Erwähnt in v. Humboldt's Reisen.

4 Geognosie. I. p. 433.

5 Naturlehre. S. 626.

6 Kotzebue's Reise. III. 163.

die unter dem Aequator aufsteigenden, und so mit einer stärkeren Schwungkraft versehenen Luftschichten bei ihrer nördlichen Strömung eine südwestliche Richtung annehmen müfsten, und also eher nach Preufsen und Rufsland, als nach Norwegen, gelangen würden, theils ist nicht sowohl die Luft in Norwegen wärmer, als vielmehr der Boden, wie aus der Vegetation desselben selbst unter dem Schnee im Winter im Gegensatze gegen Sibirien und America genugsam hervorgeht[1].

Ich selbst habe über dieses Problem lange und ernstlich nachgedacht, ohne dafs es mir gelingen wollte, die mir selbst genügend scheinenden Ursachen aufzufinden, hege aber gegenwärtig folgende Ansicht. Die gröfsere Kälte des nördlichen America's und Sibiriens darf nicht als etwas Ausgezeichnetes betrachtet werden, sondern ist die Regel, welche die der Erde im Allgemeinen zukommende Wärme angiebt, bei weitem dem gröfsten Theile der nördlichen Halbkugel zukommt, und der ganzen südlichen eigen ist. Man würde diesen so klaren und an sich so unbestreitbaren Satz schon längst angenommen haben, wenn man nicht der Natur der Sache nach auf eigene Beobachtungen einen vorzüglichen Werth zu legen pflegte, und nun fallen gerade die Wahrnehmungen der cultivirten Welt zunächst in Gegenden, welche nicht die Regel, sondern die Ausnahme der regelmäfsigen Erdtemperatur angeben, weswegen die hieraus abstrahirten Resultate als die bestimmenden, die davon abweichenden aber als Ausnahme betrachtet wurden. Die Aufgabe wird hierdurch bedeutend leichter, indem sie fordert, die Ursachen der über die Regel hinausgehenden mittleren Temperatur eines grofsen Theiles von Europa und insbesondere Skandinaviens aufzufinden. Dieser giebt es verschiedene, welche zusammenwirken, deren einige gewifs, andere noch problematisch sind.

Als erste und hauptsächlichste Ursache sehe ich die *individuelle Strömung des grofsen Oceans* an. Bekanntlich hat der Golphstrom das heifseste Wasser des Meeres auf der ganzen Erde, und in so ungeheurer Menge, dafs die grofse Wärme desselben noch auf 80 bis 100 Faden Tiefe bemerklich ist[2], drängt seine Fluthen in den Mexicanischen Meerbusen zusam-

1 Wahlenberg bei G. XLI. 277.

2 Horner bei G. LXIII. 276.

men, von wo aus sie ihre Richtung nach den europäischen Küsten nehmen. Sie wirken alsdann auf eine gedoppelte Weise, zuerst indem sie den Erdboden von unten auf fortwährend erwärmen, und zweitens indem die aufsteigenden heifsen Dämpfe als warmer Regen niederfallen. Die Wahrheit dieser letzteren Behauptung geht unverkennbar hervor aus einer schätzbaren Vergleichung, welche der scharfsinnige Capt. SABINE zwischen der schnelleren Strömung dieses Riesenstromes, als Folge anhaltenderer periodischer Winde unter dem Aequator, und der hierdurch höheren Temperatur desselben nebst der hiervon abhängenden gelinderen Witterung im Winter und der gröfseren Regenmenge hauptsächlich an Grofsbritanniens Küsten gegeben hat[1], sie folgt aber aufserdem noch sehr deutlich aus dem Gesammtverhalten der Witterung in dem gröfsten Theile von Europa, indem die Regen der Regel nach durch westliche, südwest- und nordwestliche Winde herbeigeführt werden, auch heftige Stürme meistens im atlantischen Ocean ihren Ursprung haben, worüber ich unter andern nur auf die schätzbaren Untersuchungen von BRANDES[2] verweise. Dafs eben diese Ursache auch die vielen Stürme, lauen Winde, warmen Winterregen und Wintergewitter, endlich aber zugleich den niedrigen Barometerstand an Norwegens Küsten herbeiführe, liegt, wie mich dünkt, am Tage; allein nicht blofs dieses darf man als erwiesen ansehen, sondern selbst die Erwärmung des Bodens von unten her durch das allerorten anspülende wärmere Wasser. Lange habe ich vergebens gesucht, dieses durch eine genügende Autorität zu beweisen, bis ich auch diese gefunden habe. SCORESBY's Untersuchungen[3] haben nämlich ergeben, dafs das Wasser des Meeres selbst bis zur Westküste von Spitzbergen hinauf in der Tiefe an Wärme bedeutend zunimmt, wovon auch nach seiner Ansicht die Ursache in nichts anderem als in Strömungen liegen kann, durch welche das wärmere Wasser herbeigeführt wird[4].

---

1 An Account of Experiments to determine the Figure of the Earth. cet. p. 433.

2 De repentinis variationibus in pressione atmosphaerae observatis. Lips. 1826. 4.

3 Account of the Arctic Regions I. 209. Vergl. Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang u. s. w. übersetzt von Kries. Hamburg 1825. 8. S. 257.

4 Ich habe bei mir schon oft die Frage aufgeworfen, welche

Dabei ist es merkwürdig, wie günstig die Lage Europa's ist, um von Strömungen dieser Art Vortheil zu ziehen. Dahin gehört das Einströmen des atlantischen Meeres durch den Canal von Gibraltar in das mittelländische Meer, durch den Canal zwischen England und Frankreich in die Nordsee, und das Eindringen seines Wassers bei Stürmen und vielleicht auch durch eine Unterströmung in den Sund, die Richtung seiner nördlichen Küsten nicht gerechnet. Aehnliche Meeresströmungen mögen auf die Temperatur der östlichen Küste Asiens einen Einfluss haben, indefs sind diese weniger leicht nachzuweisen, an sich ungleich geringer und somit auch weit weniger wirksam.

Aufser dieser Ursache ist nicht zu verkennen, dafs die von Africa's brennenden Sandebenen aufsteigenden und seitwärts abfliefsenden erhitzten Luftmassen nach Chamisso[1] zur Erwärmung des nördlichen Europa's vieles beitragen müssen, wenn sie auch vermöge der Axendrehung der Erde nur zum geringsten Theile gerade Norwegen treffen, und ihre Wirkungen mehr östlich über Preufsen, Finnland und Rufsland ausdehnen, wie denn überhaupt alle Länder des nördlichen Europa's und selbst auch Asiens dem Einflusse der gröfseren Wärmeentbindung über weiten Länderstrecken ausgesetzt sind, und daher im Allgemeinen eine höhere Temperatur haben, als das nördliche America, wo eine solche Ursache überall nicht, oder nur in einem weit geringeren Grade wirksam ist.

Ob aufser diesen Ursachen noch andere, namentlich in Beziehung auf Norwegen, wirksam sind, wage ich aus Abneigung gegen bloſse Hypothesen nicht zu entscheiden. Man könnte sonst die unterirdischen vulcanischen Herde Islands anführen, oder noch näher die unbestreitbare Erhebung Skandinaviens aus einer Erwärmung durch gleiche Ursachen herleiten, allein dieses alles ist ungewifs und unzuverlässig.

5. Niemand hat die ungleiche Verbreitung der Wärme über den Erdboden nach den darüber bekannten Thatsachen vollständiger aufgefafst und sinnreicher zusammengestellt, als A. v. Hum-

---

Veränderungen nach dieser Ansicht die Durchgrabung der Landenge von *Panama* nach sich ziehen würde. Wäre einmal ein kleiner Canal vorhanden, so würde die Gewalt des Wassers ihn bald erweitern.

1 S. oben.

Fig. 180. BOLDT[1] in seinen isothermischen Linien (bandes isothermes). Man wufste nämlich schon lange, dafs nicht alle Oerter unter gleichen Parallelen eine gleiche Temperatur haben, v. HUMBOLDT aber hat dargethan, dafs nach Abzug des Einflusses der stärkeren Erhebung über den Spiegel des Meeres die mittlere Temperatur der verschiedenen Gegenden so ist, als ob sie unter niederen Breiten lägen, und wenn man hiernach die Parallelen auf eine solche Weise krümmt, dafs sie durch die Oerter von gleicher mittlerer Wärme gehen, so erhält man die genannten Linien. Indem aber die Zeichnung an sich deutlich ist, die wahrscheinlichen Ursachen dieser Abweichungen aber schon angegeben sind, so bedarf die Sache keiner weiteren Erläuterung. Im Allgemeinen folgt zugleich, dafs die Temperaturverminderung für gleiche wachsende Breitenunterschiede im alten Continente geringer ist, als im neuen. Man kann nach v. HUMBOLDT hierüber folgende Werthe als der Wahrheit sehr nahe kommend annehmen.

Grade der Breite	Abnahme der Temp. altes Continent	neues Continent
0° bis 20°	2°	2°
20 — 30	4	6
30 — 40	4	7
40 — 50	7	9
50 — 60	5,7	7,9

Aus denjenigen Thatsachen, auf welche v. HUMBOLDT die Construction seiner isothermischen Linien gegründet hat, und aus einigen anderen glaubhaften Angaben ist die folgende Zusammenstellung der mittleren Temperaturen einiger der bekanntesten Oerter hervorgegangen, bei deren Bestimmung jedoch der Einfluss anderweitiger Bedingungen, als der Höhe über der Meeresfläche u. s. w. zu berücksichtigen ist, wenn man ihre mittlere Temperatur mit ihrer geographischen Lage vergleicht.

---

1 Mém. de la Soc. d'Arcueil, T. III, Vergl. Ann. Ch. et Ph. T. V.

Oerter	Breiten	Temp.	Oerter	Breiten	Temp.
Guiana	. . .	28°,1	*Warschau*	52° 14	9°,2
Cumana	10° 28′	27,7	*Strassburg*	48 35	9,1
Batavia	6 12s	26,9	*Berlin*	52 32	9,1
Madras	13 5	26,9	*Bellycastle*	55 12	8,9
Senegambia	14 40	26,6	*Edinburg*	55 56	8,8
Vera Crux	19 12	25,6	*Göttingen*	51 32	8,3
Havanna	23 9	25,6	*Koppenhagen*	55 41	7,6
Manilla	14 36	25,6	*Delft*	52 1	7,5
Cairo	30 2	22,4	*Christiania*	59 55	5,9
S. Croix di Teneriffa	28 28	21,9	*Williamstown*	— —	5,9
Algier	36 50	21,0	*Stockholm*	59 20	5,8
Neapel	40 50	18,0	*Upsala*	59 52	5,5
Paramatta	33 49s	17,3	*Quebeck*	46 48	5,5
Rom	41 54	15,8	*Abo*	60 27	5,2
Marseille	43 17	14,3	*Moscow*	55 45	4,5
Mailand	45 29	13,2	*Drontheim*	63 26	4,4
Philadelphia	39 57	12,9	*Petersburg*	59 56	3,8
St. Malo	48 39	12,5	*Torneä*	65 51	3,0
Newyork	40 43	12,1	*Wadsoë*	70 20	2,2
Peking	39 54	12,6	*Umeo*	63 49	0,7
Amsterdam	52 22	11,9	*Uleo*	65 0	0,6
Paris	48 50	11,7	*Eyafiord*	66 30	0,6
Franecker	— —	11,3	*Nordcap*	71 10	0,0
London	51 29	10,8	*Cumberland House*	54 0	— 0,5
Buda	47 30	10,6	*Enontekis*	68 17	— 2,8
Cork	51 54	10,6	*Nain*	57 8	— 3,1
Ofen	47 49	10,6	*Fort Enterprise*	64 30	— 9,2
Wien	48 11	10,3	*Winter - Island*	66 12	—12,5
Manheim	49 39	10,2	*Ingloolik - Island*	69 30	—13,9
Prag	50 5	9,9	*Melville - Island*	75 —	—18,5
Genf	46 12	9,6			
Dublin	53 20	9,6			
Eniscoo	54 48	9,3			
Sala	59 50	9,3			

D. Temperatur der Atmosphäre.

Die Untersuchung über die Wärme der Luft, sowohl in ihrer Berührung mit der Erde als auch in gröfseren Höhen ist sehr interessant und wichtig, zugleich aber auch ausnehmend schwierig, nicht blofs was die Theorie, sondern selbst was die blofsen Thatsachen betrifft. Ausgemacht ist zuvörderst im Allgemeinen, dafs die Wärme der Luft mit der Temperatur der Erdoberfläche, auf welcher sie ruhet, correspondirt, und nach

leicht zu erklärenden Modificationen, die letztere bald übertrifft, bald hinter ihr zurückbleibt, dafs ferner die Luft von der Erde meistens Wärme erhielt, oft aber auch dieser mittheilt, dann aber von einer im Niveau des Meeres liegenden Ebene an gerechnet mit zunehmender Höhe an ihrer Temperatur nach einem vorerst noch unbestimmten Gesetze abnimmt. Um jedoch eine an sich so schwierige Sache in der Darstellung nicht noch mehr zu verwirren, mögen zuerst die bekannten Thatsachen und demnächst die darauf gebaueten theoretischen Bestimmungen folgen.

a. Erfahrungen über die Wärmeabnahme in gröfseren Höhen.

Die Resultate, welche man aus der Messung der Temperaturen und der Höhen, denen sie zugehören, erhalten hat, weichen so sehr von einander ab, dafs es kaum den Anschein hat, als liefse sich auf diesem Wege überhaupt Gewifsheit erlangen. Folgendes scheint indefs die herrschenden Regeln und die einflufsreichsten Bedingungen zu enthalten.

1. *Die Wärmeabnahme ist geringer über grofsen Bergmassen und Bergebenen* (Plateaus) *als über einzelnen Bergspitzen* (Pics). Die meisten Beobachtungen, welche dieses insbesondere zwischen den Wendekreisen auf America's hohen Bergebenen darthun, verdanken wir dem Eifer A. v. Humboldt's. Nach ihm findet man auf dem Rücken der Andes in einer Höhe von 1600 Metern die mittlere Temperatur von Algir, auf 2700 M. die von Florenz. Dagegen mufs man an steilen Bergen tiefer herabsteigen, um in das Klima von Italien und Nordafrica zu kommen. So fand er unter andern[1]

Beobachtungsörter	Breiten	Höhen Met.	mittl. Temp.	Höhe für 1° C. Tois.
Quito	0° 13′ 17″ s	2907	15°,0	125
Popayan	2 16 17 n	1769	20,6	130
Sta. Fe de Bogota	4 35 0	2660	16,5	131
Mexico	19 25 35	2277	16,9	129
		Mittel		128,7

Diese Höhen, welche wenig von einander abweichen, sind ungleich gröfser, als diejenigen, welche sonst bei gleichen Erhe-

1 G. XXXI. 369.

bungen gefunden werden, und stehen blofs denjenigen nach, welche man auf den noch bedeutendern Bergmassen des Himlayagebirges gefunden hat, wenigstens danach zu schliefsen, dafs die Schneegrenze dort so ausnehmend hoch liegt[1]. Ueberhaupt gehören diese ungewöhnlichen Höhen für die Abnahme der Wärme nur den unteren Theilen bis zur angegebenen Höhe der Bergebenen an, indem weiter hinauf die Wärme ungleich schneller abnimmt, wie abermals die Höhe der Schneegrenze beweiset.

2. Eben diesem fleifsigen Forscher verdanken wir auch eine Menge Beobachtungen über die Abnahme der Temperatur auf den hohen Bergen zwischen den Wendekreisen. Dahin gehören unter andern folgende[2]:

Beobachtungsörter.	Breiten	Unterschied der Höhe	Unterschied der Temp.	Höhe in Met. auf 1° C.
Coffre de Perotte	19° 29′	4047	22°,1	183,1
Nevado de Toluca	10 6	4619	23,2	198,7
Silla de Caraccas	10 37	2603	13,7	189,8
Fuerta de la Cuchilla	10 33	1512	8,5	177,8
Guadaloupe	4 36	3287	16,9	194,4
Pichincha	0 14 s.	4679	27,7	197,8
Chimboraço	1 28 s.	5876	19,1	201,9
Pico di Teneriffa	28 17	3704	20,1 19,0	184,2 194,9
		Mittel	—	191,4

Im Mittel giebt dieses also 98 Tois. auf 1° C. Beim Ersteigen des Pico di Teneriffa fand v. Humboldt[3] 94 T. für 1° C. nach andern Beobachtungen aber 96,8 T. und für steile Berge überhaupt rechnet er[4] im Mittel 96 Tois. für 1° C.

3. Die Lage der Beobachtungsörter rücksichtlich ihrer geographischen Breite kommt gleichfalls in Betrachtung, giebt indefs nicht so bedeutende Unterschiede und fällt sehr mit den Bedingungen der Jahreszeit zusammen, in welcher die Messungen angestellt werden, so dafs ich nicht wage, hierüber ein allgemeines Gesetz aufzustellen. De Saussure[5] fand in den

1 Vergl. *Schneegrenze* Nr. 7.
2 G. XXXI. 365.
3 Reis. d. Ueb. I. 208. G. XXIV. 28.
4 J. d. Ph. LXVI. 425.
5. Voyag. cet. §. 2226.

Schweizeralpen vermittelst der Thermometer, welche er in verschiedenen Höhen in die Erde senkte, um den Einfluss der täglichen Veränderungen verschwinden zu machen, dass ohngefähr 60 bis 80 Tois., im Mittel etwa 77 Tois. Erhebung für 1° C. gehören. Auf den höchsten schneefreien Alpen fand derselbe mit Ramond 88 T. für 1° C. Dalton[1] erhielt bei seinen Versuchen auf den Bergen in Nordengland 68 Tois. auf 1° C. für die Zeit, wenn die Erde den höchsten Grad ihrer Erwärmung erreicht hatte, welche Bestimmung allerdings unter die niedrigern gehört, und kaum zu irgend einer bisher angenommenen Regel passt. Aus denjenigen Schlüssen nämlich, welche v. Zach[2] auf die Absorption der Lichtstrahlen durch die Atmosphäre und die Resultate der beobachteten Strahlenbrechung gründet, muss man vielmehr folgern, dass die Wärme in höheren Breiten langsamer abnimmt, als in niederen. D'Aubuisson[3] hat viele an verschiedenen Orten angestellte Beobachtungen verglichen, woraus aber keineswegs so übereinstimmende Resultate folgen, als v. Humboldt gefunden hat. Dahin gehören unter andern diejenigen, bei denen zugleich die Tagszeiten, in denen sie gemacht wurden, bemerkt sind.

Beobachtungsörter	Höhen in M.	Zahl d. Beob.	Stunde	Höhe in M. für 1° C.
St. Bernhard u. Paris	2430	50	12	162
— — — Turin	2222	51	12	138
— — — —	—	24	11	134
— — — —	—	24	8	161
— — — —	—	24	4	136
— — — Aosta	1409	45	12	140
— — — —	—	37	8	143
— — — —	—	26	4	134
Monte Gregorio u. —	1708	10	12	151
		Mittel	—	147

Das Mittel hieraus giebt also nur 75,42 Tois. für 1° C. Aus einer andern Zusammenstellung[4] findet derselbe 149 Met. oder 76,5 T. Die Abweichungen der einzelnen Bestimmungen sind

1 Mem. of the lit. and phil. Soc. of Manchester. IV. 104.
2 Mon. Cor. XXI. 113.
3 Journ. de Ph. LXXI. 35.
4 Traité de Geog. I. 439.

weit gröfser als in den durch v. Humboldt angegebenen, welches indefs keineswegs gegen ihre Genauigkeit entscheidet. Auch bei derjenigen Zusammenstellung von Beobachtungen unter verschiedenen Breitengraden, welche durch Cotte[1] mitgetheilt ist, findet das Nämliche statt.

4. Da es überflüssig seyn würde, die Zahl der Beobachtungen zu häufen, wenn sie nicht zur weiteren Aufklärung der Sache dienen, so wähle ich nur diejenigen, aus denen anderweitige Bedingungen des allgemeinen Gesetzes folgen. Schon aus den angegebenen ergiebt sich, dafs auch die Tagszeiten einen Einfluſs auf die Höhen haben, welche gleichen Temperaturdifferenzen zugehören. Bei den Beobachtungen zwischen dem St. Bernhard und Turin und auch diesem Berge und Aosta sind die Höhen am Morgen um 8 Uhr am stärksten, noch auffallender aber zeigen sich diese um die nämliche Zeit gröfser bei den Angaben, welche wir de Saussüre[2] verdanken. Dieser beobachtete nämlich auf dem Col de Géant sechzehn Tage lang im Monat Juli in einer Höhe von 3400 Metern, woraus folgende Höhenunterschiede für 1° C. hervorgehen.

Stunden		Höhen	Stunden		Höhen
Mitternacht	—	171 Met.	Mittag	—	148 Met.
2 Uhr	—	189 —	2 Uhr	—	140 —
4 —	—	210 —	4 —	—	142 —
6 —	—	195 —	6 —	—	141 —
8 —	—	180 —	8 —	—	143 —
9 —	—	160 —	10 —	—	157 —

Das Mittel aus allen giebt 158 Met. Höhe für 1° C. oder 81,1 Toisen. Dafs diese constante Erscheinung auf ein Naturgesetz gegründet seyn müsse, kann hiernach nicht anders als wahrscheinlich werden, indefs scheint es mir hier nicht der Ort zu seyn, auf eine Untersuchung desselben einzugehen[3]. De Saussüre glaubt insbesondere auf diese Beobachtungen eine andere Folgerung bauen zu dürfen, welche durch anderweitige theore-

1 J. de Ph. LXVIII. 132 u. 222.

2 Voy. §. 2050. Vergl. d'Aubuisson a. a. O. p. 437.

3 Vergl. unten *Theorie*. E. e. S. Uebrigens hat schon v. Zach aus der gröfseren Strahlenbrechung am Morgen gefolgert, dafs um diese Tagszeit die Wärmeabnahme geringer seyn müsse. S. Mon. Cor. XXI. 115.

tische Gründe nicht wenig unterstützt wird, worüber aber im Allgemeinen schwer zu entscheiden ist. Er glaubt nämlich, dafs die täglichen Unterschiede der Temperaturen mit den Höhen stets mehr abnehmen, und endlich ganz verschwinden, ja dafs sogar auch die jährlichen Unterschiede in unerreichbaren Höhen von 12 bis 14000 Metern oder mindestens in der doppelten Höhe nicht mehr existiren, während sie in unseren Breiten an der Erdoberfläche gegen 50° betragen. Auf nicht allzuhohen Bergmassen bestätigt dieses zwar die Erfahrung nicht, denn wenn anders die Angaben richtig sind, so hat man auf dem Hospitium des St. Bernhard, also in 7680 F. Höhe + 17° und — 27° R. beobachtet[1], welches eine Differenz von 55° C. giebt, und Ramond[2] schätzt den Unterschied der höchsten und niedrigsten Temperatur auf dem Pic du Midi bei 1500 T. Höhe nach seinen Beobachtungen etwa 45° C.; allein de Saussüre gesteht auch zu, dafs dieses Verschwinden der täglichen und jährlichen Differenzen auf Bergen nicht so leicht erfolgt, als in freier Luft, wie aus später vorkommenden Gründen leicht erklärlich ist. Wenn man aber annimmt, dafs der Wechsel der Temperaturen hauptsächlich eine Folge des Aufsteigens der an der Erdoberfläche erwärmten Luftschichten ist, der Einfluſs derselben aber mit zunehmenden Höhen verschwinden muſs, so wird man hierdurch geneigt, der Hypothese de Saussüre's beizupflichten. Noch bestimmter als dieser Gelehrte erklärt sich auch v. Zach[3] in Folge verschiedener, allerdings nicht absolut begründeter Thatsachen dahin, dafs die Temperatur der Atmosphäre in 5693 T. Höhe über der ganzen Erde gleich sey.

5. Hiermit in unmittelbarem Zusammenhange stehend und auf ähnlichen Gründen beruhend ist der Einfluſs der Jahreszeiten, wie d'Aubuisson's correspondirende Beobachtungen in Genf und dem Hospitium des St. Bernharnd während des Jahres 1818 darthun[4]. Die hiernach für 1° C. Temperaturdifferenz erhaltenen Höhen sind zwar wegen der Lage des Thermometers am oberen Beobachtungsorte etwas zu groſs, allein dieser

1 Hesperus oder encyklopädische Zeitung von Andrä. XXVII. 99.
2 Ferrüssac Bullet. des Sc. math. 1826. Mai. p. 350.
3 Mon. Cor. XXI, 119.
4 Traité de Géog. I. 437.

somit constante Fehler benimmt ihnen die Beweiskraft rücksichtlich der hier zu beantwortenden Frage nicht.

Monate	Höhen	Monate	Höhen
Januar	221 Met.	Juli	142 Met.
Februar	214 —	August	149 —
März	219 —	September	164 —
April	211 —	October	241 —
May	222 —	November	201 —
Juni	210 —	December	246 —

Im Mittel aus allen folgen 203 Met. oder 104 T. für 1° C. Eben deswegen meint auch DE SAUSSÜRE nach einer im Allgemeinen richtigern Angabe, dafs im Mittel für den Sommer 156 Met. = 80 T. für den Winter dagegen 184 Met. = 94,4 T. zu rechnen seyen. Man sieht indefs bald, dafs es nach theoretischen Gründen sowohl als auch nach der Erfahrung hierbei sehr auf den Eintritt und die Dauer der Sommerwärme und der Winterkälte ankomme. Uebrigens nennt es auch v. HUMBOLDT[1] eine den Gebirgsbewohnern bekannte Erfahrung, dafs der Unterschied der Temperatur auf den Bergen und in Thälern im Winter geringer ist, als im Sommer, und nach SVANBERG's Messungen soll in hohen Breiten die Wärmeabnahme gleichfalls geringer seyn, als in niederen[2]. Letzteres stimmt zwar nicht mit DALTON's oben Nr. 3 angegebenen Resultaten überein, allein theils ist die von diesem erhaltene Bestimmung überhaupt sehr klein, theils wird ausdrücklich dabei hinzugesetzt, dafs sie nur für diejenige Zeit gelte, wenn die Oberfläche der Erde am stärksten erwärmt, folglich die Höhe bis zu den kälteren Luftschichten am kleinsten ist, endlich kann auch eine Ursache der Abweichung dieser in England erhaltenen Resultate von den sonst gewöhnlichen in einer Eigenthümlichkeit jenes Landes liegen, wovon weiter unten die Rede seyn wird.

6. v. HUMBOLDT[3] bemerkt mit Recht, dafs auch der Boden, auf welchem die zu untersuchenden Luftschichten ruhen,

---

1 G. XXXI. 381.

2 Nach v. Humboldt a. a. O. S. 386. wird die Wärmeabnahme bei der strengsten Kälte nur um 0,2 geringer, die mittlere Wärmeabnahme des ganzen Jahres aber ist eine Function der mittleren Temperaturen der verschiedenen Zonen, und verlangsamt sich daher vom Aequator nach den Polen hin.

3 G. XXXI. 362.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

und durch welchen die Erwärmung gröfstentheils bewirkt wird, die Wärmeabnahme bei zunehmender Höhe bedinge, und PRECHTL[1] findet hierin eine Ursache der Variationen der Schneegrenze unter gleichen geographischen Breiten. Allerdings mufs die Wärme langsamer abnehmen über dem Meere und über einer mit Schnee bedeckten Ebene, als über pflanzenlosen Wüsten, dagegen schneller über dem Abhange eines kegelförmigen Berges, als über einer Cordillere mit grofsen, terrassenförmigen Plateaus. Eine Ausnahme von dieser, übrigens vollkommen richtigen, Behauptung, oder mindestens eine Einschränkung derselben, findet dann statt, wenn die erwärmten Luftschichten während mehrerer Stunden von einem durch den Einflufs der Sonnenstrahlen stark erhitzten Boden aufgestiegen sind, letzterer aber durch irgend eine Ursache wieder erkaltet ist.

7. Endlich zeigt PRECHTL[2] nicht blofs im Allgemeinen, sondern auch speciel aus den durch GAY-LÜSSAC bei seinem Auffluge erhaltenenen Resultaten, dafs die individuelle Beschaffenheit der Luftströmungen und Winde eine Modification der Wärmeabnahme in zunehmenden Höhen herbeiführen müsse. Man begreift leicht, dafs solche Luftströmungen, desgleichen das lothrechte Aufsteigen erwärmter Luftschichten bei nachfolgender Abkühlung des Erdbodens und der ihn unmittelbar berührenden Luftschichten sogar eine mit der Höhe wachsende Temperatur erzeugen kann. Indem Letzteres aber nur als eine partielle und ausnahmsweise statt findende Erscheinung zu betrachten, das Ganze aber an sich klar ist, so bedarf es keiner weiteren Erläuterung.

8. Bisher habe ich diejenigen Bestimmungen nicht erwähnt, welche rücksichtlich der mit den Höhen abnehmenden Temperatur vermittelst aërostatischer Versuche erhalten wurden. Diese sind zwar nichts weniger als zahlreich, allein die durch GAY-LÜSSAC[3] erhaltenen dürfen neben ihrem grofsen Umfange und der bedeutenden Höhe, bis zu welcher sie reichen, auf einen so ausgezeichneten Grad der Genauigkeit Ansprüche machen, dafs sie nicht blofs erwähnt werden müssen, sondern später auch als vorzüglicher Mafsstab der Vergleichung dienen können. Hier

1 G. LXXVI. 251.

2 a. a. O. S. 263.

3 Ann. Chim. LII. J. d. Ph. LXXI. 35. Journ. des Mines XXIV.

mögen daher nur folgende allgemeine Angaben genügen. Gay-Lüssac erhielt nämlich für die ganze von ihm erreichte Höhe von 7000 Metern unter der Voraussetzung einer gleichmäfsigen Abnahme der Temperatur 173 Met. oder 88,76 T. auf 1° C. Zugleich aber fand er von der Oberfläche der Erde an gerechnet bis zu einer Höhe von 3691 Met. 191 Met. = 98 T., von dieser Höhe bis zu 7000 Met. dagegen 141 Met. = 72,34 T. für 1° C. und von 5000 bis 7000 M. rechnet er nur 134 M. oder 68,76 T. auf die nämliche Temperaturdifferenz.

Die Beobachtungen anderer Aëronauten sind entweder überhaupt sehr unbestimmt, oder erreichen mindestens die angegebenen keineswegs an Genauigkeit, weswegen ich nur einige derselben benutze. Graham und Beaufoy bei ihrem aërostatischen Auffluge am 17ten Juni 1824 haben zum Theil das Gegentheil dieser Resultate erhalten, zum Theil dieselben bestätigt gefunden. Sie beobachteten nämlich

Bar. 29,8 Z. eng. Therm. $14\frac{4}{5}$ R. Bar. 25,5 Z. eng. Therm. $5\frac{7}{9}$ R.
— 23,3 — — — $3\frac{1}{9}$ — — 19,3 — — — 0 —

Werden nach diesen Angaben die Höhen nahe genau berechnet, so kommen auf die untere Station etwa 62 Tois. Höhe auf 1° C. Wärmeabnahme, auf die zweite 112 T. und auf die dritte 111 T. für eine gleiche Temperaturdifferenz, im Mittel etwa 95 T. auf 1° C. Die erste Angabe kommt mit Dalton's oben angegebener Bestimmung überein, das mittlere Resultat übertrifft das von Gay-Lüssac gefundene, welches wegen höherer Breite als der Regel gemäfs angesehen werden kann, allein der Unterschied der ersten Station und der beiden folgenden ist so bedeutend, dafs er nothwendig aus örtlichen Bedingungen abgeleitet werden mufs[1].

Die Beobachtungen des russischen Akademikers Sacharow[2] bei seinem aërostatischen Auffluge mit Robertson stehen an Genauigkeit und Schärfe den durch Gay-Lüssac erhaltenen sehr nach, und werden daher von den Physikern meistens ganz übersehen. In wie fern Sacharow von seinem ganz unwissenschaftlichen Begleiter gar keine Unterstützung erhalten konnte, vielmehr durch die possenhaften Grillen desselben eigentlicher gestört werden mufste, hat Gilbert genügend gezeigt, und

1 Vergl. Nr. 10.
2 G. XX. 107.

es geht dieses auch ziemlich deutlich aus dem Berichte selbst hervor. Unter allen Beobachtungen waren aber die des Barometers und Thermometers die leichtesten, und ich nehme daher keinen Anstand, diese für den vorliegenden Zweck mit hinlänglich genäherter Schärfe zu berechnen. Wird dann nach den vorhandenen Wahrscheinlichkeitsgründen vorausgesetzt, dafs das gebrauchte Thermometer achtzigtheilige Grade zeigte, so erreichte der Aërostat eine absolute Höhe von 7998 F. oder 1333 Tois. und eine Temperaturdifferenz von 14°,5 R., wonach 92 T. auf 1° R. kommen. Dieser mittlere Werth ist aber auf die einzelnen Stationen sehr ungleich vertheilt, und es zeigt sich insbesondere eine weit schnellere Abnahme der Temperaturen als der Höhen, wie folgende Uebersicht beweiset.

Beob.	Barom. Stand in franz. Mafs	Thermom. Stand	Höhe in par. Fufs	Höhe in Tois.	Höhe für 1° R. in T.
Nr. 1	28 Z. 1,8 L.	19°,0	000	000	0000
2	27 Z. 2,47 —	18,0	915	152	152,0
3	26 Z. 3,47 —	17,0	1833	306	153,0
4	25 Z. 4,24 —	15,0	2796	466	80,5
5	24 Z. 5,00 —	14,5	3781	630	246,0
6	23 Z. 5,90 —	13,0	4789	799	112,0
7	22 Z. 6,74 —	9,0	5834	973	43,5
8	21 Z. 7,60 —	6,5	6901	1150	71,0
9	20 Z. 8,48 —	4,5	7998	1333	92,5

Werden die hierin vorhandenen Fehler nach Wahrscheinlichkeitsgründen corrigirt, so kommen auf die ersten 300 Tois. für 1° R. 153 T., für die zweiten 300 T. kommen 160 T. auf 1° R. als Folge der von der Ebene an einem heifsen Tage, d. 30sten Juni bis Abends 7 Uhr aufgestiegenen heifsen Luftschichten, für die dritten 300 T. 135 T. auf 1° R. und für die letzten 300 T. etwa 85 bis 90 T.; im Mittel für die ganze Höhe, wenn man auf das allgemeine Sinken des Thermometers während der Dauer der Fahrt Rücksicht nimmt, etwa 96 bis 98 T.

9. Aus diesen letzten Betrachtungen, insbesondere aus Gay-Lüssac's sehr entscheidenden Versuchen geht unverkennbar das Resultat hervor, dafs die Höhen, welche gleichen Unterschieden der Temperatur zugehören, über der Oberfläche der Erde gröfser sind, als in weiterer Entfernung von derselben. Eben dieses fand indefs schon v. Humboldt[1] beim Ersteigen

1 G. XXIV. 35.

des Chimboraço, indem er für die untern 9780 F. 133 T. für die oberen 8292 F. aber 88,5 T. für 1° C. rechnet und die Ursache dieser Erscheinung in der Wärmestrahlung findet. Aehnliche Erfahrungen machte er an verschiedenen andern Orten. D'Aubuisson leitet aus den zahlreichen Beobachtungen v. Humboldt's folgende unregelmäfsig wachsende Höhen ab, welche einer gleichen Temperaturdifferenz von 1° C. zugehören sollen.

Vom Spiegel des Meeres bis	1000 Met.	87,22 Tois.
— 1000 M.	— 2000 —	150,80 —
— 2000 —	— 3000 —	119,00 —
— 3000 —	— 4000 —	67,21 —
— 4000 —	— 5000 —	92,30 —

Hiernach fände also zuerst eine geringe Höhe, dann eine bedeutende Vergröfserung derselben, dann wieder eine Abnahme und endlich wieder eine Zunahme statt. Dafs dieses indefs als allgemeines Naturgesetz anzusehen seyn sollte, ist auf keine Weise wahrscheinlich. D'Aubuisson selbst ist dieser Meinung nicht, sondern glaubt, dafs ungeachtet der grofsen Unsicherheit und der aufserordentlichen Schwankungen in den einzelnen Bestimmungen dennoch die gesammte Masse der Beobachtungen der Annahme einer arithmetischen Reihe der Wärmeverminderung eben so gut zusagt, als jeder andern. Auch v. Humboldt[1] ist der Meinung, dafs im Allgemeinen die mit der Höhe abnehmende Wärme eine arithmetische Reihe befolge, und von dieser Regel nur dann abweiche, wenn örtliche modificirende Bedingungen vorhanden sind. Playfair[2] nimmt diesen Satz nur bedingt an, indem er sagt, dafs unter der Voraussetzung, die Ursache der Wärmeabnahme liege allein in der Entfernung von der Erde, und es fänden keine aufwärts steigende Luftströmungen statt, welche nach ihm wirklich nicht existiren sollen, die Verminderung der Temperatur dem Abstande vom Centro der Erde direct proportional seyn würde.

Auf die Voraussetzung, dafs die Wärmeabnahme den Zunahmen der Höhen direct proportional sey, hat Leslie[3] eine

1 G. XXXI. 388.

2 Outlines of Nat. Phil. cet. Edinb. 1814. I. 251. Vgl. Transact. of the Roy. Soc. of Edinb. VI. 365.

3 Elements of Geometrie. 2d. ed. p. 495. Vergl. Edinb. Journ. of Science. N. IX. 96. Eine andere auf theoretischen Gründen beruhende Formel s. unten E. b. 3.

allgemeine Formel gegründet, um aus dem Unterschiede der Barometerstände an zwei Stationen die zugehörige Differenz der Temperatur zu berechnen. Sie beruhet auf dem durch PLAYFAIR gegebenen analytischen Ausdrucke zum Messen der Höhen vermittelst des Barometers, und der von eben diesem herrührenden Bestimmung, dafs den Erfahrungen nach 81 Fathoms Erhebung 1° C. Wärmeabnahme geben sollen, wonach dann der Unterschied der Temperatur

$$\Delta t = 26\left(\frac{B}{b} - \frac{b}{B}\right)$$

für die Barometerstände B und b in Graden der Centesimalscale gefunden wird. TH. YOUNG meint, die Temperaturen nehmen schneller ab als die Höhen, und beruft sich dabei auf v. HUMBOLDT's Erfahrungen; allein IVORY sucht darzuthun, dafs RAMOND im Mittel 90 Fathoms für 1° C. gefunden habe, und da aus der sehr grofsen, durch GAY-LÜSSAC erreichten Höhe eine Temperaturdifferenz von 1° C. für 95 Fathoms folge, so ergebe sich hieraus gerade das Gegentheil[1].

10. Die Uebersicht der bisher mitgetheilten zahlreichen, aus den verschiedensten Versuchen entnommenen Bestimmungen ergiebt augenfällig, dafs die Frage über die Reihe, welche die Wärmeabnahme bei zunehmenden Höhen befolgt, schwerlich auf diesem Wege mit völliger Sicherheit bestimmt werden wird. Im Ganzen entscheiden indefs die meisten dafür, dafs die Höhen, welche gleichen Temperaturunterschieden zugehören, mit der Entfernung von der Erdoberfläche ahnehmen, zur Bestimmung des eigentlichen, hierüber aufzustellenden Gesetzes sind aber noch weitere, unter folgende theoretische Untersuchungen erforderlich. Im Ganzen wird man sich indefs wenig von der Wahrheit entfernen, wenn man mit gehöriger Rücksicht auf die bedingenden Umstände für die auf Bergen zu erreichenden Höhen eine *arithmetische Reihe der Wärmeabnahme für gleiche Höhenunterschiede* annimmt. Nicht minder schwierig ist es zugleich, einen mittleren Werth derjenigen Höhe zu finden, welche einer gegebenen Temperaturdifferenz, etwa von 1° C., zugehört, indem die Uebersicht der verschiedenen Beobachtungen kaum eine solche allgemeine Bestimmung gestattet. Aufser den schon mitgetheilten mögen daher noch folgende allgemeine

1 Phil. Mag. 1825. Aug. p. 86.

Angaben dienen, die man vorkommenden Falls benutzen kann. v. Humboldt[1] folgert aus allen seinen zahlreichen Beobachtungen zwischen den Wendekreisen, dafs 109 Tois. auf 1° R., also 87,2 T. oder 170 Met. auf 1° C. zu rechnen sind. Nach Pictet[2] dagegen folgt aus einer grofsen Reihe von Beobachtungen zu Genf und auf dem Hospitium des St. Bernhard bei einem Höhenunterschiede von 1075 Toisen und einer mittleren Temperaturdifferenz von 8°,18 R., dafs 131,4 T. auf 1° R. oder 105,1 T. = 204,8 Met. für 1° C. gehören. Eine dieser Bestimmung genäherte, nämlich 100 T. oder 200 Met. für 1° C. pafst wohl am besten für mittlere Breiten und mäfsige Erhebungen auf grofsen Bergmassen, wenn man das Mittel zwischen Sommer- und Winterbeobachtungen verlangt, oder man müfste jene Gröfse für den Winter rechnen, und de Saussüre's Angabe gemäfs für den Sommer 100 T. für 1° R., also 80 T. = 156 Met. auf 1° C. rechnen. Hiermit stimmt d'Aubuisson überein, welcher im Mittel 160 Met. = 82,1 Tois. für 1° C. annimmt.

v. Zach[3] folgert aus den beobachteten, und nach La Place's Methode berechneten, horizontalen Strahlenbrechungen für den Aequator nur 65 T., für unsere Breiten aber 89 T. Höhe auf 1° C. Temperaturdifferenz.

Auch Ramond[4] erhielt als Mittel aus zahlreichen Beobachtungen nahe 100 T. für 1° R., also 80 T. = 156 Met. für 1° C. Wenn die Engländer meistens geringere Höhen angeben, wie schon oben aus Dalton's Bestimmung hervorgeht, so liegt die Ursache hiervon vielleicht darin, dafs die etwas höhere Temperatur jenes Landes mit den Erhebungen über die Oberfläche der Erde aufhört. Playfair[5] nämlich nimmt nur 76 T. für 1° C. an, und Atkinson[6] aus einer Menge von Beobachtungen nur etwa 60 T. für die nämliche Temperaturdifferenz.

11. Wäre es möglich, ein genähertes Mittel aus den Beobachtungen zu erhalten, so würde folgen, dafs die Wärme vom

---

1 Reis. d. Ueb. II. 492.
2 Bibl. univ. X. 173. XIV. 19.
3 Mon. Cor. XXI. 113.
4 Sur la Formule barometrique. cet. Par. 1811. p. 184.
5 Outlines. cet. I. 251.
6 Brewster's Journ. N. VII. 180.

Aequator an gerechnet nach den Polen hin auf gleiche Weise abnehmen mufs, als wenn man sich unter dem Aequator befindlich zu einer angemessenen lothrechten Höhe erhebt, und man kann also von dort aus durch ein solches Aufsteigen zu allen Temperaturen gelangen, welche die Erdoberfläche darbietet. D'Aubuisson[1] nimmt als Mittel aus den verschiedenen Beobachtungen an, dafs eine Erhebung von 100 Metern mit einer Vermehrung der Breite von einem Grade rücksichtlich der Temperaturverminderung correspondirt, wobei sich von selbst versteht, dafs nur von einer genäherten Bestimmung die Rede sey. Abgesehen von dieser Ungewifsheit hat v. Humboldt[2] seine oben erwähnte graphische Darstellung der isothermischen Linien sehr sinnreich mit einer ähnlichen verbunden, welche die Abnahme der Wärme bei zunehmender Höhe versinnlicht. Indem Fig. 181. aber die Figur für sich verständlich ist, so übergehe ich eine weitere Erläuterung derselben, und bemerke nur, dafs hiernach der Nullpunct der mittleren Temperatur in 55° N. B. fällt, welches für die Erdoberfläche im Ganzen aus dem oben (C. 4.) angegebenen Gründen gewifs weit richtiger ist, als wenn man die Temperatur Norwegens zur Regel annimmt. v. Humboldt wählt aber eigentlich für seine Darstellung denjenigen Meridian, unter welchem die Cordilleren liegen, uud so ist seine Bestimmung wohl ohne Zweifel richtig[3].

b. Schneegrenze.

Indem die Wärme mit den Höhen abnimmt, so mufs es nothwendig eine Grenze in der Atmosphäre geben, wo die mittlere Temperatur $=0$ ist, und wenn man dann ferner annimmt, dafs über diese Grenze hinaus die Menge des Winterschnees im Sommer nicht zu schmelzen vermöchte, insbesondere weil bei den mit der Höhe, abnehmenden Differenzen der täglichen und jährlichen Temperatur die Veränderungen dort sich nicht weit vom Gefrierpuncte entfernen würden, so mufs es in einer gewissen Entfernung über der Erde eine Grenzfläche geben, wo beständiger Schnee anzutreffen ist, und diese nennt man die Schneegrenze. Es ist ferner an sich klar, dafs die von v. Hum-

1 Traité de Geog. I. 432.

2 Mém. de la Soc. d'Arcueil T. II. Ann. Ch. P. T. V.

3 Mehreres hierüber s. unter *Schneegrenze.*

BOLDT angegebene äufserste isothermische Linie, welche der mittleren Temperatur von 0° zugehört, unter der angegebenen Voraussetzung diese Grenze bezeichnen mufs, und wird dann ferner angenommen, dafs die mittlere Temperatur unter denselben Graden der Breite und das Gesetz der mit der Erhebung über die Erdoberfläche abnehmenden Wärme überall gleich sey, so würde die elliptisch gekrümmte Grenzfläche des ewigen Schnees die Erde so umgeben, dafs sie unter dem Aequator in einer Höhe etwa von 5200 Meter anfangend sich nach den Polen zu herabsenkte, und in 50° der nördlichen und südlichen Breite in den Erdkörper einschnitte[1]. Allein es geht schon aus den vorigen Betrachtungen genugsam hervor, dafs hierbei verschiedene Voraussetzungen angenommen sind, welche in der Wirklichkeit nicht statt finden, und der Verfolg der Untersuchungen wird ergeben, dafs ein festes Gesetz für die Höhe der Schneegrenze wegen vielfacher örtlicher Einflüsse nicht aufzufinden ist. Fig. 181.

1. Die Schneegrenze liegt nicht in derjenigen Höhe, deren mittlere Temperatur $= 0$ ist, sondern meistens höher, und zwar um so viel mehr, je weiter man nach den Polen kommt. Die Ursache hiervon ist leicht aufzufinden. Soll sich nämlich der Schnee bleibend erhalten, so ist es nicht hinreichend, dafs die mittlere Temperatur $= 0$ sey, sondern die Wärme des Sommers mufs die mittlere Temperatur so wenig übertreffen, dafs sie denselben zu verzehren nicht vermag. Es mufs daher die Schneegrenze derjenigen Höhe, deren mittlere Temperatur $\doteq 0$ ist, so viel näher liegen, je weiter man sich von der Erdoberfläche erheben mufs, um an diesen Punct der Höhe zu gelangen, weil mit zunehmender Höhe die täglichen und jährlichen Differenzen nebst den Ursachen örtlicher Erwärmungen mehr verschwinden. Aufserdem aber wird mit zunehmenden Breiten die Schnee-

1 KIRWAN's unzulässige Annahme in: On the Variations of the Atmosphere. Dublin 1801. Ch. III. Sect. I. mag hier nur historisch erwähnt werden. Er setzt die Schneegrenze unter dem Aequator in 28000 engl. F., unter dem Pole in 3432 F., und bestimmt sie hiernach für alle Grade. Dividirt man die jedesmalige Höhe der Schneegrenze durch 100, so erhält man die Zahl der Schichten, deren Temperatur und Temperaturunterschiede leicht zu finden sind, da die Temperatur der Schneegrenze der Eispunct seyn soll. Indefs soll dieses blofs für den Sommer gelten, indem im Winter wärmere Luftschichten vom Aequator nach den Polen strömen. In wie fern das Ganze unhaltbar sey, ergiebt sich aus dem im Texte Gesagten.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

grenze weiter über die Höhe der mittleren Temperatur von 0° C. hinaufgerückt werden, weil dort die längere Dauer der Tage die Sommerwärme ausnehmend vermehrt [1]. Hieraus ist es erklärlich, dafs nach v. Humboldt die Schneegrenze unter dem Aequator schon bei 0°,4 C., in gemäfsigten Zonen nach Pictet [2] bei —4°,6 C. und in den nördlichen nach Humboldt [3] erst bei —6° C. mittlerer Temperatur anfängt. Wird hiernach die oben erwähnte isothermische Höhen-Linie von 0° corrigirt, und rechnet man zwei Grade der Breite auf einen Grad der Temperaturverminderung, so kommt die Schneegrenze unter dem Aequator in 5200 Met. zu liegen, und schneidet auf beiden Halbkugeln in etwa 67 bis 70° der Breite ein. Hiermit kommt das Resultat von Cotte's [4] gehaltreichen Untersuchungen überein, wonach dieselbe auf der nördlichen Halbkugel in 70°, auf der südlichen aber in 65° der Breite die Erdoberfläche berührt.

2. Diejenige Temperatur, welche man in England, Norwegen und überhaupt in denjenigen nördlichen Gegenden beobachtet hat, welche unter und in der Nähe der Meridiane von Paris und Berlin liegen, können (nach C. 4.) keine Regel bilden, sondern müssen als Ausnahme gelten; man kann darauf kein allgemeines Gesetz gründen. Es ist daher nicht genau richtig, wenn Bedemar [5] meint, die Schneegrenze weiche um so vielmehr von ihrer Normalhöhe ab, je weiter man sich nach Norden entferne, denn die Beobachtungen in der Hudson's-Bay, auf Melville Island, am Ausflusse des Mac-Kenzie Flusses u. s. w. stimmen mit der Regel recht gut überein, nur die in Norwegen, auf Island und Spitzbergen nicht, welche aber als Ausnahmen gelten müssen.

3. Oertliche Einflüsse, insbesondere sehr grofse Bergmassen, ausgedehnte und hohe Bergebenen u. s. w. bedingen die die Höhe der Schneegrenze und rücken dieselbe weiter hinauf. Hieraus erklärt sich, warum dieselbe auf den Himlaya-Gebirgen und dem Kaukasus höher liegt, als unter gleichen Parallelen. Ob auch die Hochebenen Asiens und die Wüsten Africa's einen

---

1 Vergl. *Temperatur; isothermische Linien.*
2 G. XXV. 318.
3 Ann. Ch. Ph. XIV. 19.
4 J. d. Ph. LXVIII. 132. u. 222.
5 Reisen I. 242.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

ähnlichen Einfluſs äuſsern, wie mindestens rücksichtlich der ersteren höchst wahrscheinlich ist, läſst sich aus Mangel an Beobachtungen nicht mit Sicherheit angeben.

4. Die Beobachtungen der verschiedenen Höhen, wo man die Schneegrenze wirklich angetroffen hat, sind mit einer seltenen Vollständigkeit zusammengestellt durch HÄLLSTRÖM[1], weswegen ich diese hier mit den daselbst angegebenen Quellen mittheile. Man wird indeſs bald inne, daſs nach seiner Darstellung die Linien der Schneegrenze von America's und von Asien's hohen Gebirgsmassen ausgehend sich in der Hauptsache über den Schweizeralpen vereinigen, und dann über Norwegen hinlaufen, also gerade durch diejenigen nördlichen Gegenden, wo die isothermischen Linien am höchsten sind[2].

Oerter	Breiten	Höhen in F.	Beobachter
Cotopaxi*	von 1° 28′ S. bis 0° B.	15228	v. HUMBOLDT[3]
Antisana*		14958	
Chimboraço*		14826	
Rucu-Pichincha*		14760	
Nevado del Corazon*		14748	
Pichincha	0° 10′ s	14700	CONDAMINE[4]
Pichincha	0 0	14604	BOUGUER[5]
Quito	0 0	14760	v. HUMBOLDT[6]
Popayan	0 3 n	14580	v. HUMBOLDT[7]
Mexico	19 0	14100	v. HUMBOLDT[8]
Nevado Toluce	19 12	13776	v. HUMBOLDT[9]
Mexico —	20 0	14166	v. HUMBOLDT[10]

1 De Termino atmosphaerae terrestris nivali. Praes. Hällström, auct. Alcenius. Aboae 1823. 4.

2 Die Sternchen bei einigen Angaben beziehen sich auf eine unten folgende Bestimmung.

3 Ann. Ch. P. XIV. 1.

4 Journ. d'un Voy. à l'Équateur. Par. 1751. p. 48.

5 Figure de la Terre Par. 1749, in der beigefügten Voy. au Perou p. 49.

6 Essay sur la Géographie des Plantes. Par. 1807. p. 132.

7 Atlas géographique et phys. des Regions équinox. Par. 1814. Tab. 6.

8 Essay polit. sur le Royaume de la Nouv. Esp. Par. 1811. p. 45.

9 Recueil d'Observations astron. cet. Par. 1810. p. 329.

10 Essay sur la Géog. d. Plant. p. 133.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Oerter	Breiten	Höhen	Beobachter
Mexico Toluce	20° 0′	14100	v. Humboldt[1]
Himlaya*	30 0	11400	v. Humboldt[2]
Himlaya*	31 0	15660	
Altas*	31 0	11550	Ali-Bey[3]
Libanon*	33 0	9102	Wahlenberg[4]
Aetna*	37 33	9900	Saussüre[5]
Pic du Midi*	42 0	9036	Ramond[6]
Canigou	42 31	8718	Saussüre[7]
Pyrenaeen	42 45	8400	Humboldt[8]
Pic Long*		8700	Ramond[9]
Neuvielle*	43 0	8250	Ramond[10]
Elbrus	43 0	9882	Parrot[11]
Mont Perdu	43 0	8100	Wahlenberg[12]
Pyrenaeen*	45 0	7692	v. Humboldt[13]
Alpen	45 30	8520	L. Buch[14]
Alpen	45 30	8100	Saussüre[15]
Alpen*	46 0	8220	v. Humboldt[16]
Alpen	46 0	8220	Wahlenberg[17]
Carpathen	49 0	7998	Wahlenberg[18]
Carpathen*	49 10	7980	v. Humboldt[19]

1 Prolegomena de distribut. geogr. Plantarum. p. 139. G. XXV. 320.

2 Ann. Ch. P. XIV. 1. Nur genäherte Angaben.

3 G. Borg, Praes. Hällström de Term. atm. Terrae niv. Aboae 1823.

4 Ebend.

5 Voy. IV. 152.

6 Ann. Ch. P. II. 192.

7 Voy. IV. 150.

8 Proleg. de dist. geog. Plant. 122.

9 Ann. Ch. P. a. a. O.

10 Ebend.

11 Physik d. Erde. S. 174.

12 Bericht über Messungen und Beobachtungen zur Bestimmung der Höhe und Temperatur der Lappländischen Alpen, übersetzt von Hausmann. Gött. 1812. S. 59.

13 Prolegom. a. a. O.

14 G. XI. 48.

15 Voy. IV. 154. Bei einzelnen Bergspitzen giebt er 1400 T. bei grofsen Bergmassen 1300 T. an, wovon 1350 T. = 8100 F. das Mittel ist.

16 Ann. Ch. P. XIV. 1.

17 De vegetat. Helvet. XLIV.

18 Flora Carpath. Gott. 1814. p. LXXIII.

19 Ann. Ch. Ph. XIV. 1.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Oerter	Breiten	Höhen	Beobachter
Norwegen	60° 0	4800	L. Buch[1]
Suletind	61 0	5220	
Snöhätta	62 0	5600	Wahlenberg[2]
Norwegen	62 0	5400	L. Buch[3]
Eliasberg. Amer.	62 0	4600	Wahlenberg[4]
Svuckustöt. Norw.	62 12	5250	Hisinger[5]
Norwegen	62 30	4860	L. Buch[6]
Syltopp	63 0	4950	Hisinger[7]
Areskuta	63 26	4740	
—	—	4440	Hartmann[8]
Island	65 0	2896	Olafsen[9]
Schweden	66 30	4014	L. Buch[10]
Sulitelma	67 5	3100	Wahlenberg[11]
Valli. Schwed.	67 6	4100	
Talpa jegna. Norw.	67 20	3000	
Alten	70 0	3300	L. v. Buch[12]
Hammerfest	70 38	2502	
Nordcap	71 0	2202	

5. Es würde nicht schwierig seyn, wenn man wollte, die grofse Zahl der hier mitgetheilten Beobachtungen noch um nicht eben wenige zu vermehren. So wurde unter andern die Schneegrenze gefunden[13].

---

1 G. XI. 11.

2 Bericht üb. Mess. S. 58.

3 G. LV. 319. LXI. 373.

4 Bericht. S. 57.

5 Anteckningar i Physik och Geognosie under resor i Sverige och Norrige. Ups. 1819. St. 1. S. 21. St. 2. S. 45.

6 G. XI. 43.

7 a. a. O.

8 Wetenskaps Academiens Handlingar. Stockh. 1814. S. 107. 1818. S. 131.

9 G. XI. 37. XXIV. 319.

10 Ebend.

11 Bericht u. s. w. S. 26; 36; 48.

12 G. XI. 27; 32.

13 Ann. Chim. et Phys. XIV. 1.

Beob. Ort	Breite	Höhe	Beobachter
Purace	2° 17′	14484	v. Humboldt
Paramo de Guanacos	2 40	14280	derselbe
Popocatepetl	18 19	14226	v. Sonnenschmidt
Iztaccihuatl	19 10	14130	Alzate
Neu-Mexico	38 30	9180	Edwin James[1]
Mont-Perdu	43 0	7881	Parrot[2]
Maladetta Nordseite	42 45	8256	derselbe[3]
— Südseite	— —	9380	derselbe[4]

Es sind indefs der Thatsachen genug angegeben, um sich zu überzeugen, wie grofs der örtliche Einfluſs auf die Höhe der Schneegrenze ist. Selbst die Lage der Höhen und ihre Richtung nach den Weltgegenden hat auf die Schneegrenze einen Einfluſs und v. Welden[5] meint sogar, sie sey in verschiedenen Jahren verschieden. So fand er sie an der Südseite des Monte Rosa 9500 F. hoch, in Salzburg 8000 F. in Südtirol 8200 F. im Valteline 8500 F. am Simplon 8600 F. in Savoyen 8800 F. hoch.

Auch Parrot[6] fand in den Pyrenäen einen bedeutenden Unterschied zwischen der Nordseite und der Südseite, und setzt die Schneegrenze auf jener schwankend zwischen 7388 und 8000 P. F. auf dieser dagegen zwischen 8000 und 9236 P. F.

Dafs sie ferner in nördlichen Gegenden in sehr heifsen Jahren wirklich höher hinaufrücke, unterliegt wohl keinem Zweifel, auch nimmt man eine *untere* Schneegrenze an, wo der Schnee sich in einigen Jahren, und eine *obere*, wo er sich beständig erhält.

Dabei ist aber wohl zu berücksichtigen, dafs der Schnee durch die steigende Sommerwärme allmälig schmelzt, folglich wird man ihn in den ersten Sommermonaten noch an den Orten finden, wo er später verschwindet. Im Herbste dagegen fällt ebendaselbst am frühesten Schnee, und diese Zeit ist daher zur Bestimmung der Schneegrenze gleichfalls nicht geeignet. Parrot[7] glaubt deswegen der September sey der für

1 v. Humboldt Voyage. T. X. p. 97.
2 Naturwiss. Abh. aus Dorpat. I. 228.
3 Ebend. S. 273.
4 Ebend. S. 297.
5 Der Monte Rosa u. s. w. Wien 1824.
6 Naturwissenschaftl. Abhandl. aus Dorpat. Berl. 1823. I. 316.
7 a. a. O. S. 250.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

diese Bestimmung in mittleren Breiten am meisten geeignete Monat, weil der Schnee, welcher sich dann noch vorfinde, der Einwirkung der Sommerhitze während ihrer ganzen Dauer zu trotzen vermöge.

Dafs dieses auch in solchen Höhen geschehen könne, wo die Lufttemperatur oft den Gefrierpunct übersteigt, ist daraus leicht erklärlich, dafs die Sonnenstrahlen von den Schnee- und Eislagen reflectirt werden, die Luft aber vermöge ihrer geringen relativen Wärme auf das Eis keinen bedeutenden Einfluſs haben kann.

6. Aus der Uebersicht dieser allerdings schätzbaren Zusammenstellung ergiebt es sich, wie mich dünkt, sehr klar, dafs die Abweichungen von einer festen Regel viel zu grofs sind, als dafs sich ein bestimmtes Gesetz darauf gründen liefse. Inzwischen hat Hällström mit vieler Mühe eine allgemeine Formel aus allen angegebenen Beobachtungen entwickelt, mit Ausnahme derjenigen, welche mit einem Sternchen (*) bezeichnet sind. Er nennt nämlich die Höhe der Schneegrenze A, und setzt

$$A = a + b \text{ Sin. lat.} + c \text{ Sin.}^2 \text{ lat.}$$

Aus den Beobachtungen findet er mit Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate die beständige Gröfse $a = 2462{,}4$ Toisen und die Coëfficienten $b = 293$ und $c = -2501{,}8$, so dafs sonach

$$A = 2462{,}4 + 293 \text{ Sin. lat.} - 2501{,}8 \text{ Sin.}^2 \text{ lat.}$$

wird. Den wahrscheinlichen Fehler findet er dann $= 63{,}5$, und hält diese Fehlergrenze noch für zu grofs. Wenn man indefs nicht selten Differenzen findet, welche mehr als 1000 F. betragen, so scheint die oben aufgestellte Behauptung, dafs ein allgemeines Gesetz auf die bekannten Beobachtungen zu gründen unmöglich sey, völlig gerechtfertigt. Hällström nimmt zugleich auf örtliche Einflüsse Rücksicht, und meint, dafs unter dieser Bedingung auch die im nördlichen America angestellten Beobachtungen und die auf den Himlaya-Gebirgen mit der Formel vereinbar wären. Nach Tob. Mayer hat man angenommen, die Schneegrenze berühre den Nordpol. Gay-Lüssac[1] bemerkt mit Recht, dafs die neuesten Beobachtungen, namentlich von Scoresby, gezeigt hätten, dafs diese Annahme unzulässig sey, Hällström aber meint, dafs seine Formel, wonach die Schneegrenze 253,6 Toisen über den Pol erhaben seyn

1 Ann. Ch. Ph. XXVII. 435.

müfste, der Natur noch näher komme. Letzteres ist indefs den Beobachtungen durchaus zuwider, denn man kann auch für die günstigste Localität das Einschneiden der Schneegrenze in die Erdoberfläche nicht weiter hinaufrücken, als bis an die Nordspitze von Spitzbergen, also etwa unter den 80sten Grad der nördlichen Breite. Hällström meint ferner, dafs die oben angegebene Formel von Tob. Mayer für die mittlere Temperatur auch zur Bestimmung der Schneegrenze dienen könne; welches auch allerdings der Fall seyn müfste, wenn beide, sowohl die mittlere Temperatur als auch die Höhe der Schneegrenze durch das nämliche Gesetz der Wärmeabnahme bedingt wären. Nimmt man nämlich die Formel

$$y = m - n \text{ Sin.}^2 \text{ lat.}$$

und bestimmt die Temperatur, bei welcher die Schneegrenze anfängt, und deren Höhe über der Meeresfläche, so wird

$$y' = My = M(m - n. \text{ Sin.}^2 \text{ lat.})$$

vorausgesetzt, dafs nach D'Aubuisson[1] die Wärme für 160 Meter Erhebung um 1° C. abnimmt, und setzt man die mittlere Temperatur unter dem Aequator = 27° C., so macht $160 \times 27 = 4320$ Met. als die Höhe der Schneegrenze unter dem Aequator. Weil aber die Schneegrenze durch den Einfluss der Berge und Bergebenen 3° C. unter 0° erfordert, so müssen $3 \times 160 = 480$ Meter, oder in runder Zahl 500 hinzugesetzt werden, wonach also

$$H = 4320 \text{ Cos.}^2 \text{ lat.} + 500$$

die Höhe der Schneegrenze in Metern giebt. Hällström benutzt ferner diejenigen Beobachtungen, womit auch d'Aubuisson seine Formel verglichen hat, und findet für die Höhe der Schneegrenze in Metern:

Beob. Ort	Beobachter	beobachtet	berechnet
Aequator	Bouguer	4800	4820
Wendekreis	Humboldt	4100	4133
Indien	Webb	3520	3527
Alpen	Saussüre	2700	2785
Polarkreis	L. Buch	1169	1160
70° N. B.	L. Buch	1060	1005

Allein man sieht bald, dafs hier gerade passende Beobachtungen ausgesucht sind, und d'Aubuisson gesteht selbst zu, dafs

1 S. oben.

wegen örtlicher Einflüsse kein allgemeines Gesetz aufzufinden sey. Nach dieser Formel würde übrigens die Schneegrenze vom Pole ohngefähr eben so weit abstehen, als nach Hällström's oben angegebener, weil sie die mittlere Temperatur am Pole = 0 annimmt.

Obgleich also hiernach keine allgemeine Construction der Schneegrenze möglich ist, so habe ich doch zur Versinnlichung diejenigen drei durch punctirte Linien angegeben, welche bisher erwähnt sind, nämlich diejenige, welche nach der allgemeinsten Gröfse der Erdwärme in 70° N. B. einschneidet, diejenige, welche etwa für den Meridian von Paris gehört, wenn man annimmt, dafs sie in 80° N. B. einschneidet, und diejenige, welche Hällström's Formel entspricht. Fig. 181.

7. Die auffallendsten Abweichungen von einer regelmäfsigen Höhe der Schneegrenze bieten die Beobachtungen im Kaukasus und noch weit mehr die auf den Himlaya-Gebirgen dar, und sie eignen sich allerdings zu einer besonderen näheren Erörterung. Dort fanden nämlich Engelhardt und Parrot auf dem Kasbeck die Höhe derselben 9884 F., also 1500 bis 1800 F. höher, als sie unter gleichen Breiten in den Alpen und Pyrenäen gefunden wird. Dieses ist allerdings viel; allein wenn man fragt, ob die Höhenbestimmungen in den Pyrenäen auch hinlänglich genau sind, insbesondere aber wenn man sie mit der durch v. Welden am Mont Rosa beobachteten Höhe der Schneegrenze von 9500 F. vergleicht, so hört der Unterschied auf sehr beträchtlich zu seyn, und läfst sich aus den Luftströmungen von den ausgedehnten Hochebenen Asiens ohne grofse Schwierigkeit erklären. Weit weniger leicht ist dieses der Fall bei den Abweichungen in den Himlaya-Gebirgen, welche v. Humboldt deswegen zum Gegenstande einer ausführlichen Untersuchung gemacht hat[1]. Das Merkwürdige der Sache findet dieser Gelehrte nicht blofs in der gröfseren Höhe der Schneegrenze überhaupt, sondern hauptsächlich auch darin, *dafs die Nordseite der dortigen Gebirgsmasse ungleich wärmer ist, als die Südseite.* Webb fand zwischen 30° 25′ und 31° 15′ N. B. im Sommer gute Weiden und lebhafte Vegetation auf der Nordseite des Himlaya in 14004 F. und an der Südseite in 11980 F. Höhe. Die letztere weicht wenig von der Regel ab, denn die

1 Ann. Chim. et Ph. XIV. 1 ff.

Schneegrenze ist in America unter 30° N. B. in 11400 F. Höhe, und da beim Tempel Kedarnath der Schnee in 11250 F. sich bis in den Anfang des Juli erhielt[1], so kann man die unterste Schneegrenze auf etwa 11700 F. setzen. Nach Hamilton's Beobachtungen in Kathmandu in 27° 41′ N. B. ist die mittlere Temperatur in 4536 F. Höhe = 16°,9, die der Quellen = 17°,7, welches gleichfalls vom Gewöhnlichen nicht abweicht. Es gehören nämlich nach v. Humboldt in Gemäfsheit der *bandes isothermes* für 27° 41′ N. B. 23°,3 mittlere Temperatur. Rechnet man nun für die ersten 1000 Meter Erhebung 170 Meter für einen Grad C., so müfste die Temperatur in Kathmandu 23°,3 — 8°,6 = 14°,7 statt 16°,9 seyn, und so glaubt er die 2°,2 Unterschied aus der Wärmestrahlung erklären zu können.

Je näher indefs v. Humboldt die Temperatur auf jenen hohen Bergen betrachtete, um so auffallender fand er den Unterschied von der gewöhnlichen Regel. Webb hielt sich vierzehn Tage auf dem Passe des Niti auf, wohin er sich von Kedarnath aus begeben hatte. Die Höhe desselben, barometrisch nach La Place's Formel gemessen, beträgt 15630 F. In dieser ungeheuern Höhe, worin die Erde unter dem Aequator selbst mit ewigem Schnee bedeckt ist, fand er unter 31° N. B. keine Spur desselben, und sogar die 300 F. über den Pafs hervorragenden Spitzen frei davon. An der Nordseite des Passes, 14004 F. hoch, auf den Abhängen von Sutledge, fand er Pappeln und Tamarisken 8 F. hoch, Weideplätze und Kornbau. Zu bewundern ist, wie das Korn dort reift, da nach Moorcraft der Sommer erst in der Mitte Juni anfängt und Mitte August's endigt, denn den 28sten Aug. bei — 1°,7 gefror Eis zu 2 Z. dick[2]. Dafs grofse Gebirgsebenen die Temperatur modificiren, ist bekannt, und im Allgemeinen erhöhen sie dieselbe, wie sich dieses in Huancavelica, Micuipampa, Quito, Caxamarca, Sta. Fe de Bogota und Mexico zeigt, wo es viel milder ist, als in glei-

---

1 Diese Bestimmung scheint mir sehr unsicher. Auf dem Brocken dauert der Schnee in Vertiefungen zuweilen das ganze Jahr hindurch, aber dennoch ist die dortige Höhe weit unter der Schneegrenze. Auch nach Parrot's oben No. 5. mitgetheilten Bemerkung ist der Monat Juli noch zu früh, um über die Schneegrenze mit Sicherheit zu bestimmen.

2 Dafs die aufserordentliche Kraft der Sonnenstrahlen auf hohen Bergen dieses schnelle Reifen der Früchte befördere, ist wohl nicht zu bezweifeln. Vergl. unten Theor. Betracht. E. 4. a.

cher Höhe an den Abhängen der Cordilleren. Da aber diese Wirkung in den Anden nicht mehr als 1°,5 bis 2°,3, hier aber sogleich mehr beträgt, so müssen durchaus besondere Ursachen diese ungewöhnliche Erscheinung herbeiführen. Der Unterschied ist nämlich so bedeutend, dafs mindestens gerechnet die Schneegrenze 3300 F. höher liegt, als sie der Regel nach liegen müfste. Im Mittel sollte sie nämlich unter 30° N. B. 11500 F. hoch seyn, statt dessen ist sie aber erst bei 15100 F., und im Sommer fand sich sogar in 15630 F. Höhe kein Schnee, vielmehr gehen Viehweiden und Kornbau bis 14000 F. hinauf, und Gerard fand die höchste Pflanze, eine geruchlose Art Salbei erst in 15952 F. Höhe[1].

Als Ursachen dieser Abweichung von einer sonst so allgemein begründeten Regel nennt v. Humboldt zuerst die durch mehrere Ursachen erzeugte höhere Temperatur der Sommer, indem er annimmt, dafs in jenen Gegenden, wo die *isothermischen* Linien nicht ausgezeichnet hoch hinaufgehen, die *isotherischen* dagegen eine merklich gröfsere Höhe erreichen[2]. Ausgemacht ist nämlich, dafs die Hitze der Sommer, welche vorzüglich das Reifen der Früchte bedingt, den Graden der Breite keineswegs direct proportional ist. Unter andern hat Moscow gleich heifse Sommer als manche Gegenden am Ufer der Loire, ohngeachtet eines Breitenunterschiedes von 11 Graden, und Ungarn verdankt die Güte seiner Weine hauptsächlich der grofsen Sommerhitze ohngeachtet seiner oft und in der Regel sehr kalten Winter. Allein die Ursachen, welche die Wärme der Sommer bedingen, scheinen mir auf diejenigen Oerter nicht anwendbar zu seyn, welche in so grofsen Höhen über der Meeresfläche liegen, wo doch im Winter eine bedeutende Menge Schnee fällt, und zu ewigen Gletschern verhärtet wird, von denen die zur Erzeugung einer hohen Sommerwärme erforderlichen Sonnenstrahlen zurückgeworfen und dadurch unwirksam werden, deren Nähe dann die Wärme zugleich bedeutend herabdrückt. Die ungeheuren Eislagen auf den höchsten Spitzen der Himlaya-Gebirge sind aber zu bekannt, als dafs sie unberücksichtigt bleiben dürften. Einen zweiten Grund findet v. Humboldt in der Masse und Gruppirung der Berge. Grofse Pla-

1 Brewster's Journ. I, 45.

2 Vergl. *Temperatur.*

teau's sollen nämlich zwar bei Nacht mehr Wärme durch freie Strahlung verlieren, dafür aber bei Tage mehr durch Entbindung erhalten. Inzwischen sollte man glauben, dafs diese beiden entgegengesetzten Wirkungen sich einander ausgleichen müfsten, ja wenn kein bestimmter Grund vorhanden ist, der letzteren ein Uebergewicht beizulegen, so könnte man nicht mit Unrecht hieraus auch das Gegentheil folgern. Drittens sollen auch die Wolkenschichten, welche zwischen der Erde und der Schneegrenze liegen, und durch Verschluckung des Lichtes viele Wärme anziehen, einen Einfluſs haben. v. Humboldt beruft sich hierbei auf d'Aubuisson[1], welcher aber an dieser Stelle einen solchen Satz nicht eigentlich aufstellt, und setzt dann hinzu, dafs eine dicke Wolkenschicht an den Cordilleren in 1000 bis 2000 Metern Höhe eine gröfsere Kälte der höheren Regionen dadurch erzeugt, dafs sie die Wärmestrahlung der Erde aufhält. Soll aber dieses Argument Gültigkeit haben, so mufs zuvörderst erst dargethan werden, dafs gröfsere, ausgedehntere und längere Zeit sich erhaltende Wolkenschichten die unteren Regionen der Cordilleren begrenzen, als das Himlaya-Gebirge. v. Humboldt ist allerdings am ersten im Stande, diese Frage zu beantworten, indefs finde ich nicht, dafs er in seinen Beschreibungen diesen Gegenstand vorzüglich hervorhebt, vielmehr redet er viel von der Klarheit des dortigen Himmels, und da es unter andern bekanntlich in Lima gar nicht regnet, so ist ein bedeckter Himmel dort nicht vorauszusetzen; die periodischen Regen aber sind in Asien eben so stark als in America, wie namentlich die ungeheuern Gangesschwellen beweisen. Wollte man ferner annehmen, dafs der Wasserdampf der von dem Meere herkommenden Luftschichten an den asiatischen Gebirgen stärker niedergeschlagen würde, als an den americanischen, um hierdurch stärkere Wolken zu erzeugen, so würde dieses eben eine niedrigere Temperatur der asiatischen höheren Luftschichten anzeigen, als der americanischen, alle übrigen Bedingungen gleichgesetzt, wovon aber gerade das Gegentheil statt findet. Man sieht hiernach wohl ein, dafs die erforderlichen Thatsachen fehlen, um dieses Argument genau zu würdigen, dafs es aber aus vielen Gründen nicht hinreicht, das vorliegende Phänomen genügend zu erklären. Ein vierter Grund

1 Traité de Géog. I. 435.

welchen v. Humboldt gleichfalls erwähnt, dafs nämlich horizontale Luftströmungen sowohl Kälte als Wärme herbeiführen, soll wohl nur im Allgemeinen die Unterschiede der Temperaturen an verschiedenen Orten zu erklären dienen. Zur Erklärung der abnormen Erscheinungen am Himlaya-Gebirge führt er aber zwei bestimmte Ursachen an, nämlich erstlich die grofse Hitze Asiens, und zweitens die Wärmestrahlungen einer überaus grofsen Ebene (der Hochebene zwischen dem Himlaya und Altai) woran die Berge gelehnt sind.

Was das erste Argument betrifft, so scheint mir die höhere Temperatur Asiens keineswegs völlig entschieden, wenigstens haben v. Humboldt's isothermische Linien unter 30° N. B. und 80 Grad östlicher Länge von Paris, wohin jene Gegenden fallen, keine bedeutende Convexität, obgleich sie höher heraufgehen, als in America. Gesetzt aber Asien hätte hier und überall eine gröfsere Wärme, so müfsten zuvor die *Ursachen* hiervon beigebracht werden, denn das ist ja eben die zu erklärende Aufgabe. Das zweite Argument ist dagegen allerdings gewichtiger. Man darf es nämlich als ausgemacht ansehen, dafs zwischen den beiden genannten grofsen Gebirgsmassen eine ungeheure Hochebene liegt[1], deren Höhe zwar nicht bestimmt ist, die wir aber nach manchen Wahrscheinlichkeitsgründen für sehr bedeutend halten müssen. Dabei ist aber vorher die Frage zu beantworten, auf welche Weise eine solche erwärmend auf die angrenzenden Berge wirkt. v. Humboldt sagt durch Wärmestrahlung. Bekanntlich versteht man unter der Wärmestrahlung des Erdbodens das Ausströmen der Wärme gegen den heiteren Himmel, und diese soll nicht vorhanden seyn, wenn Wolken denselben bedecken. Hier müfste also eine solche Strahlung gegen einen dunkelen Körper, die hohen Himlaya-Gebirge, statt finden, welches an sich mit jener Bedingung der Heiterkeit des Himmels im Widerspruche steht. Nimmt man hinzu, dafs man wegen der Krümmung der Erde die Himlaya-Gebirge auf jenen Hochebenen gar nicht sieht, so müfste zur Erklärung der genannten Erscheinung eine Wärmestrahlung angenommen werden, deren Richtung anfangs mit der Oberfläche der Erde parallel wäre, und zu deren Annahme kein denkbarer Grund vorhanden ist. Wollen wir uns also nicht durch das beliebte Wort:

Fig. 180.

1 S. unten VII. C. 6.

Wärmestrahlung, täuschen lassen, so muſs ein anderer, mit anderweitigen Naturgesetzen harmonirender Grund gesucht werden, und dieser scheint mir darin zu liegen, daſs über der ausgedehnten, noch obendrein wüsten, Hochebene Asiens durch die Einwirkung der Sonne mehr Wärme entbunden wird, welche die Temperatur der darüber ruhenden Luftschicht erhöhet, und dadurch bewirkt, daſs die nördlichen Winde eine wärmere Luft herzuführen, mithin ungleich weniger abkühlen, als sonst der Fall zu seyn pflegt, und dieses ist auch eigentlich dasjenige, was v. Humboldt unter seinem Ausdrucke verstanden wissen will. Dabei ist es indeſs merkwürdig, daſs über jenen Wüsten eine so schneidend kalte Temperatur herrscht, daſs zuweilen während der Nacht die Pferde der Caravanen sterben, und daſs insbesondere im Winter die Kälte ganz unerträglich ist. Obgleich dieses richtig ist, so muſs doch auf der andern Seite zugleich erwogen werden, daſs bei Tage in den Strahlen der Sonne die Hitze erweislich einen sehr hohen Grad erreicht, wodurch warme Luftschichten in die Höhe steigen, und durch Strömungen, deren Richtung hauptsächlich von Norden nach Süden geht, den Himlaya-Gebirgen zufliefsen, weswegen gerade die Nordseite die höchste Temperatur hat[1].

Hierdurch wird anscheinend die Beobachtung genügend erklärt, bei genauerer Prüfung zeigt sich aber, daſs bei weitem nicht alle Schwierigkeiten beseitigt sind. Um nur einige derselben namhaft zu machen, möge Folgendes dienen. Es läſst sich zuerst fragen, warum nicht über minder hohen Ebenen gleichfalls eine gröfsere Menge Wärme entbunden wird, und die von da aufsteigenden warmen Luftschichten nicht eine gleiche Wirkung hervorbringen. Die Ebenen des östlichen Theils von Südamerica, die Gegenden um den Orinoco und Amazonenfluſs sind gleichfalls von ungeheurer Ausdehnung und der brennenden Sonnenhitze ausgesetzt, warum bringen die von ihnen aufsteigenden warmen Luftschichten, welche ohnehin durch die re-

1 Es erklärt sich aus aërostatischen Gesetzen und aus der schlechten Wärmeleitung der Luft sehr leicht, daſs bei nächtlicher Erkaltung des Bodens nur die zunächst damit in Berührung stehenden Luftschichten gleichfalls abgekühlt werden, ohne daſs die höheren erwärmten herabsinken. Die Richtung der Luftströmungen kommt dabei gleichfalls in Betrachtung. Ueber die Ursachen des Erkaltens bei Nacht s. *Temperatur*.

gelmäfsige östliche Luftströmung fortgeführt werden könnten, auf die nächsten Hochgebirge nicht eine gleiche Wirkung hervor? Noch mehr aber: Spanien ist nur durch einen schmalen Meeresstrich von den ungeheuern africanischen Sandebenen getrennt, warum liegt auf dessen Hochgebirgen die Schneegrenze nicht ungewöhnlich hoch? ja was noch auffallender erscheinen mufs, warum liegt sie niedriger, als im Kaukasus. Doch nicht blofs der Zweifler, sondern jeder eifrige Forscher mufs noch auf eine Menge Dunkelheiten ganz anderer Art stofsen, welche sämmtlich dazu auffordern, dieses schwierige Problem der Physik der Erde einer genauen Erörterung zu würdigen, und seine Erklärung auf wohlbegründete Theorie und Erfahrung zu bauen.

c. Kälte der Polargegenden.

Die ausnehmend hohe Kälte der Polargegenden ist oben nachgewiesen, und da aus den nachfolgenden theoretischen Betrachtungen hervorgehen wird, dafs die Wärme der Erde überhaupt eine Folge ihrer ursprünglichen Wärme und des Einflusses der Sonnenstrahlen ist, so fragt sich allerdings, wie jene hohe Kälte hiermit in Einklang zu bringen sey. War die Erde ursprünglich heifs, so mufste ihre Temperatur unter den Polen derjenigen unter dem Aequator gleich seyn, und man mufs daher annehmen, dafs die dort vorhandene Wärme entweder durch noch unbekannte Ursachen gebunden wurde, oder sich in den Raum zerstreuete, oder endlich nach den tropischen Gegenden hingezogen wurde. Da diese Untersuchung übrigens geradezu in das Gebiet der Hypothesen führt, und obendrein von der noch nicht fest begründeten Voraussetzung einer ursprünglich hohen Temperatur der Erde ausgeht, so kann sie hier nicht füglich weiter verfolgt werden.

Leichter scheint es auf den ersten Blick, das Fortdauern der einmal vorhandenen grofsen Kälte der Polargegenden zu erklären, wenn man annimmt, dafs die Wärme der Erdoberfläche und der sie unmittelbar berührenden Luftschicht eine Folge der auffallenden Sonnenstrahlen sey, deren Wirkung man dem Quadrate des Cosinus der Breite proportional setzt. Einige haben zwar die Wärme, welche in sehr hohen Breiten durch den Einfluss der Sonnenstrahlen insbesondere bei der langen Dauer der Tage erzeugt wird, sehr hoch angeschlagen, und sich dabei auf einige unzweideutige Erfahrungen berufen; insofern

aber die geringere Intensität der durch dieses Mittel erregten Wärme im Allgemeinen nicht füglich bezweifelt werden kann, es sich daher zunächst nur um die Stärke der Wärmeentbindung durch die Sonnenstrahlen handelt, in Beziehung hierauf aber Theorie und Erfahrung im Artikel *Wärme* vollständiger entwikkelt werden muſs, so ist am besten, hierauf zu verweisen. So viel wird indeſs auch ohne dieses leicht klar, daſs der lange Winter und der damit gänzlich fehlende Einfluſs der Sonnenstrahlen die Bildung einer bedeutenden Menge von Eis bewirken muſs, dessen Menge, je gröſser sie wird, nicht bloſs den nachherigen Einfluſs der Sonnenstrahlen aus bekannten Gründen zu schwächen, sondern auch mannigfache Bedingungen herbeizuführen vermag, durch welche der daselbst herrschende Grad der Kälte allmälig sehr gesteigert werden konnte, bis der gegenwärtige bleibende Zustand herbeigeführt war.

E. Theoretische Betrachtungen.

Diejenigen Fragen, welche der Theorie der Erdtemperatur zu beantworten vorliegen, sind erstlich: woher hat die Erde ihre Wärme ursprünglich erhalten, und zweitens welche Ursachen bedingten früher und bedingen noch jetzt ihren thermometrischen Zustand. Obgleich diese Aufgabe im höchsten Grade interessant ist, und ihre Untersuchung in einer physikalischen Abhandlung über die Erde durchaus nicht fehlen darf, so ist es doch unmöglich, sie hier im ganzen Umfange zu behandeln. Hierzu fehlen nämlich theils eine Menge Thatsachen, welche erst unter dem Artikel *Temperatur* ausführlich mitgetheilt werden können, theils verschiedene theoretische Bestimmungen aus der Wärmelehre. Diesemnach können hier nur einige allgemeine Sätze beigebracht werden.

1. Die Frage, woher die Erde ursprünglich ihre Wärme erhalten habe, liegt ganz im Dunkeln, und dieses muſs um so mehr der Fall seyn, als[1] wir die Temperatur des Erdkernes nicht mit Gewiſsheit kennen. Insofern es aber wahrscheinlich ist, daſs im Innern der Erde Glühhitze herrscht, hat Fourier's Hypothese am meisten für sich, wenn er annimmt, daſs die Erdmasse ursprünglich im Zustande dieser Glühhitze in den tief

1 Vergl. oben A.

kalten Weltraum geschleudert wurde, und hier allmälig bis zu ihrer jetzigen Temperatur erkaltete. Woher dieselbe aber gekommen sey, und aus welcher Quelle sie diese ihre eigenthümliche Wärme genommen habe, kann aus sicheren Thatsachen nicht beantwortet werden, und bloſse Hypothesen hierüber gehören nicht hierher. Das Einzige, was als analoge Erscheinung angeführt werden kann, ist dieses, daſs die noch jetzt muthmaſslich aus dem Weltraume auf der Erde anlangenden meteorischen Massen im Zustande der stärksten Glühhitze und der Schmelzung durch Feuer, wenn nicht gar einer Art von Dampfform, in der Atmosphäre der Erde anlangen. Will man also mit einigen Physikern annehmen, daſs die ganze Erde aus einer Menge solcher Massen zusammengesetzt sey[1], so wären mindestens diese beiden Phänomene mit einander in Harmonie. Ob endlich der Raum, worin sich die Erde befindet, ein absolut kalter sey, oder wie FOURIER annimmt, eine gewisse Wärme besitze, bleibt vorläufig hypothetisch.

2. Es folgt aus den oben mitgetheilten Thatsachen, daſs die Temperatur der äuſseren Erdrinde in etwa 30 bis 60 T. unter der Oberfläche eine constante Gröſse ist, die sich in meſsbaren Zeiträumen nicht ändert. Durch diese hindurch nimmt die Erde weder Wärme von Auſsen an, noch dringt solche von Innen heraus, nämlich in der Art, daſs die Wärme der Erde im Ganzen dadurch eine Veränderung erlitte. In den nächsten Schichten über dieser Grenze hören die jährlichen Veränderungen der Temperatur gleichfalls auf, es herrscht daselbst eine gewisse mittlere, durch Jahrhunderte und Jahrtausende allmälig bestimmte, welche der jetzigen mittleren der Oberfläche nahe gleich ist. Wir können beide hier unberücksichtigt lassen, da die Ursachen sich von selbst ergeben, wodurch diese Schichten allmälig zu diesem Temperaturzustande gelangten.

3. Sonach kommt also zunächst nur die Temperatur der Erdoberfläche und der Atmosphäre in Betrachtung, mit beiläufiger Berücksichtigung der täglichen und jährlichen Veränderungen derselben. Man ist von jeher darüber einig gewesen, diese vom Einflusse der Sonnenstrahlen abzuleiten, und setzte die Gröſse ihrer Wirkung der Menge der auffallenden Strahlen und der Richtung derselben proportional, mit Rücksicht auf die ver-

1 S. *Geologie*.

schiedenen, die individuellen Ortstemperaturen bedingenden Ursachen. Ohne hier zu untersuchen, auf welche Weise die Sonnenstrahlen Wärme zu erzeugen vermögen[1], entscheiden die Beobachtungen ganz bestimmt für die Richtigkeit dieser Voraussetzung. Keiner hat indefs in den neuesten Zeiten diesen Gegenstand ausführlicher und gründlicher behandelt, als FOURIER. Nach diesem[2] giebt es drei Ursachen der äufseren Erdtemperatur, erstlich die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen, zweitens die im Weltraume noch vorhandene Wärme und drittens der Rest der ursprünglichen Erdwärme. Untersucht man diese einzeln, so läfst sich im Wesentlichen Folgendes darüber sagen.

a. Rücksichtlich der Wärmeerregung durch die Sonne nimmt man seit den gehaltreichen Untersuchungen, welche WELLS über die Erscheinungen des Thauens angestellt hat[3], fast ganz allgemein an, dafs die Sonnenstrahlen bei Tage von der Erdoberfläche absorbirt und in Wärme umgewandelt werden, letztere aber, deren Menge hiernach stets zunehmen müfste, sich bei Nacht durch Strahlung gegen den heiteren Himmel wieder verliere[4]. Gegen diese Hypothese habe ich schon früher[5] aus verschiedenen Gründen einige Zweifel erhoben, welche ich am geeigneten Orte mittheilen werde. Hier möge nur die einzige Bedenklichkeit erwähnt werden, dafs dieselbe gänzlich unstatthaft ist, sobald man die Newton'sche Vorstellung vom Lichte verläfst, und zur Undulationstheorie übergeht, welches Argument gegenwärtig um so gewichtiger ist, je zahlreicher die Menge der Anhänger wird, welche die letztere in den neuesten Zeiten erhalten hat.

---

1 Vergl. *Wärme; Erregung derselben durch die Sonnenstrahlen.*

2 Théorie analytique de la Chaleur. Par. 1822. 4. Discours prélim. Ann. Ch. et Ph. XXVII. 136.

3 Vergl. *Thau.*

4 Da der Gegenstand hier nicht in seinem ganzen Umfange zur Untersuchung kommen kann, so beziehe ich mich nur auf FOURIER Théorie de la Chal. p. IV. wo es heifst ... et pénétrant dans la masse du globe, ils en élèveraient de plus en plus la température moyenne, si cette chaleur ajoutée n'était pas exactement compensée par celle, qui s'échappe en rayons de tous les points de la superficie, et se répand dans les cieux.

5 Im Prorectorats-Programme: Sacra natalitia die XXII. Nov. celeb. renunt. G. W. Muncke. Heidelb. 1819. 4.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Abgesehen von dieser Aetiologie der Erscheinung ist die Sache an sich wohl unbezweifelt richtig, nämlich dafs die Erwärmung der Erdoberfläche im Allgemeinen nebst dem Wechsel der täglichen und jährlichen Temperaturen an den verschiedenen Orten aus der Wirkung der Sonnenstrahlen füglich erklärt werden kann[1]. Fourier setzt dann noch hinzu, dafs der Einfluſs derselben mit der Tiefe der Erdkruste mehr und mehr abnimmt, und bei etwa 30 Metern völlig verschwindet. Die verschiedenen Einflüsse in Verbindung mit der genannten Hauptursache der Wärmeerzeugung gleichen sich indefs aus, um die mittlere Temperatur der Oerter zu erzeugen. Ferner ist die Tiefe, bis zu welcher die durch äufsere Ursachen bedingten Veränderungen der Temperatur dringen, den Quadratwurzeln der Zeit proportional, welche bei geringerer Tiefe erfordert wird, sie wahrnehmbar zu machen, weswegen die Tiefe, bis zu welcher die täglichen Veränderungen bemerkt werden, 19 mal geringer ist, als welche den jährlichen zugehört[2]. Man darf annehmen, dafs ein Achttheil des Jahres, nachdem die Oberfläche der Erde ihre mittlere Temperatur erreicht hat, die Erdrinde wärmer wird, dieses sechs Monate fortdauert, und hierauf Abnahme erfolgt. Fourier will ferner aus Versuchen mit Eisen gefunden haben, dafs, wenn die Erdrinde metallisch wäre, die durch die Veränderung der Jahrszeiten erzeugte Wärme in Paris hinreichen würde, um bei der Basis von einem Quadratmeter einen Eiscylinder von dieser Grundfläche und 3,1 Meter Höhe zu schmelzen. Die mehr nach unten erregte Wärme der Erdrinde selbst würde aber ein weit geringeres Resultat geben, indem die Wärmeerzeugung nach seinen Untersuchungen der Quadratwurzel aus dem Producte der Wärmecapacität in das Volumen und das Durchleitungsvermögen proportional ist.

b. Fourier nimmt eine Wärme des Raumes an, worin sich die Erde bewegt. Sie soll derjenigen gleichen, welche ein Thermometer zeigen würde, wenn die Sonne und alle Planeten weg-

1 D'Aubuisson Traité de Géogn. I. 424.

2 Es kommt hierbei sicher auf die Beschaffenheit des Bodens an. Nach meinen oben erwähnten Versuchen mit Thermometern, welche in schwere, unten thonige, Gartenerde eingesenkt sind, reichen die täglichen Veränderungen nicht bis auf 3 Par. Fufs, und so lassen sich für die jährlichen höchstens 50 bis 60 F. oder etwa 20 Meter rechnen.

genommen würden. Diese Wärmequelle scheint ihm nothwendig, weil sonst, wenn die Erde sich in einem absolut kalten Raume befände, die Kälte an den Polen ungeheuer, und die Zunahme derselben vom Aequator an viel stärker seyn würde, auch die Nacht eine völlige Erstarrung herbeiführen müfste, wenn alle Wärme von den Sonnenstrahlen herrührte. Diese Temperatur des Raumes soll seinen Berechnungen nach derjenigen gleichen, welche an den Polen herrscht, und aus den Strahlungen aller Himmelskörper und der im Raume vorhandenen Materie entstehen, deswegen auch nicht überall gleich seyn, wohl aber in unserm Planetenraume, und diesemnach an den Polen aller Planeten dieselbe.

Die grofse Autorität, welche Fourier durch seine Arbeiten über die Wärmelehre gerade in diesem Zweige der Physik erlangt hat, erfordert die Mittheilung seiner Ansichten. Läfst man sich indefs durch jenes, anderweitig wohlbegründete, Ansehen nicht blenden, so ergiebt sich bald, dafs der ganze dargelegte Satz mit anerkannten Wahrheiten im Widerspruche steht. Hierhin rechne ich weniger die durch Gay-Lüssac[1] aus seinen bekannten Versuchen abstrahirte Folgerung, wonach im Torricelli'schen Vacuo gar keine Wärme vorhanden seyn soll, um so viel weniger also in der weit vollkommenern und von aller wägbaren Materie ungleich weiter getrennten Leere des planetarischen Raumes existiren könnte, als vielmehr die Gründe, worauf der Beweis einer solchen Wärme des Raumes gegründet wird. Wenn man nämlich berücksichtigt, dafs die Zeiträume, während welcher die Sonnenstrahlen auf die Pole fallen, der Summe der Tageslängen unter dem Aequator gleich ist, dafs unzählige Luftströmungen die Atmosphäre stets durch einander mischen, und nach Fourier selbst die erhitzten Luftschichten unter dem Aequator stets aufsteigen, um oberhalb nach den Polen hin wieder abzufliefsen, dafs endlich auch die Meeresströmungen eine Menge von dem unter dem Aequator erwärmten Wasser den Polen zuführen müssen, so scheint nach allen diesen Gründen vielmehr die hohe Kälte der Pole einer genügenden Erklärung zu bedürfen. Dafs aber die Temperatur an den Polen einem Wechsel des Sommers und Winters unterliege, mithin keine constante Gröfse sey, aufserdem aber von der auf

1 Ann. Ch. et Ph. XIII. 304.

den höchsten Bergspitzen herrschenden schwerlich bedeutend sich unterscheide, und somit die an der äufsersten Grenze der Atmosphäre herrschende (wahrscheinlich absolute) Kälte keineswegs erreiche, wird nicht leicht jemand bezweifeln. Prüft man aber vollends das zweite Argument, nämlich dafs die Nacht eine völlige Erstarrung herbeiführen müfste, wenn die Sonnenstrahlen alleinige Ursache der Wärme wären, so mufs es in der That auffallen, wie FOURIER dieses aufstellen konnte, welcher mit so ausgezeichneter Gewandtheit im analytischen Calcüle die Gesetze der Erkaltungszeiten erhitzter Körper in der Luft und im leeren Raume bestimmt hat. Aus der angegebenen Behauptung würde aber folgen, dafs eine glühend gemachte erdene Kugel, in ein völlig verfinstertes Zimmer gebracht, plötzlich auf die Temperatur der Umgebung herabsinken müfste, was doch eben so sehr den gemeinsten Erfahrungen, als den tiefgelehrten theoretischen Betrachtungen FOURIER's widerstreitet.

Zu diesen unwiderleglichen Argumenten lassen sich noch Kleinigkeiten hinzufügen, welche indefs insgesammt gegen die aufgestellte Behauptung entscheiden. Gliche nämlich die Temperatur des Raumes derjenigen, welche an den Polen der Erde statt findet, so ist hierdurch nicht bestimmt, ob der mittleren oder der tiefsten derselben. Das erstere ist fast undenkbar, und würde kein Aufsteigen der Lufttheilchen von der durch dauernden Einflufs der Sonnenstrahlen mindestens etwas erwärmten Oberfläche an den Polen gestatten, überhaupt aber, eben wie das zweite, keine Abnahme der Temperatur bei gröfserer Erhebung über die Erdoberfläche daselbst zulassen. Dafs ferner die Temperatur aller Planeten an den Polen gleich seyn soll, ist mindestens eine sehr gewagte Hypothese, welche mit den grofsen Massen Polareises, die man auf dem Mars beobachtet und regelmäfsig verschwinden gesehen haben will, desgleichen mit der Lage der Axe des Jupiters gegen die Sonnenbahn, kurz mit der wahrscheinlichen physischen Beschaffenheit der Planeten keineswegs übereinstimmt. Die Strahlungen der Planeten in den Himmelsraum endlich, und vollends einer noch ganz unerwiesenen Materie im planetarischen Raume, sind mindestens im höchsten Grade problematisch.

c. Die dritte Ursache der Erdtemperatur findet FOURIER in dem noch vorhandenen Ueberreste der ursprünglichen Erdwärme oder überhaupt in ihrer fortdauernden eigenthümlichen Wärme.

Dieses kann auf zweierlei Weise verstanden werden. Zuerst läfst sich annehmen, dafs die ursprünglich glühende Erdmasse auf ihrer Oberfläche bis zu ihrer gegenwärtigen mittleren Temperatur erkaltet sey, und in dem hiernach allmälig erhaltenen Zustande unverändert bleibe, indem durch die Sonne stets neue Wärme herbeigeführt wird, durch Strahlung eine proportionale Menge verloren geht, so dafs selbst in langen Perioden keine Veränderung wahrnehmbar wird. So ist ohne Zweifel die Ansicht Fourier's, welche er mit andern Physikern theilt, und auf diese führen auch die gesammten hierher gehörigen Phänomene, welcher Vorstellung von der individuellen Wirkungsart der Sonnenstrahlen man auch huldigen mag. Einen hauptsächlichen Beweis hierfür liefert namentlich die seit langen Perioden gleich gebliebene mittlere Temperatur der Erdoberfläche[1]. Man könnte indefs zweitens annehmen, dafs von der grofsen Hitze des Erdkernes fortwährend ein Theil auf die Oberfläche dränge, und die Temperatur derselben in einem anscheinend gleichbleibenden mittleren Zustande erhielte. Die hiernach auf die Erdoberfläche dringende Wärme müfste sich dann entweder daselbst anhäufen, oder gleichfalls in den Himmelsraum zerstreuen. Hiergegen läfst sich kein Argument aus der Unveränderlichkeit der mittleren Erdtemperatur hernehmen, weil es gerade in dem Satze selbst liegen würde, dafs der gröfsere, durch Strahlung erzeugte, Wärmeverlust durch diesen Zufluſs von Innen einen Ersatz erhielte. Man kann ferner aus dem Resultate der Berechnungen La Place's, dafs die mittlere Wärme der Erde seit Hipparch's Zeiten wegen der unveränderten Länge der Tage weder abgenommen noch zugenommen habe, einen Gegenbeweis hiergegen ableiten, weil der wirkliche Wärmeverlust so langsam und in mefsbaren Zeiträumen so unbedeutend anzunehmen wäre, dafs historisch bekannte Zeitintervalle noch keine Messung zulassen könnten. Fourier scheint übrigens, indem er mit Büffon ein allmäliges Erkalten des Erdballes anzunehmen geneigt ist, dieser letzteren Ansicht gleichfalls zu huldigen. Inzwischen gehört dieses auf allen Fall in das Gebiet des Hypothetischen, und hängt mit den Vorstellungen zusammen, welche man sich von dem eigentlichen Wesen der Erdtempe-

1 Gay-Lüssac in Ann. Ch. Ph. XXVII. 407 ff. Vergl. *Temperatur.*

ratur macht. Der Erfahrung nach dringt indefs keine Wärme aus dem Inneren des Erdballes auf die Oberfläche desselben, weil die in einer stabilen Temperatur befindliche Kruste sie nicht durchläfst. Hiervon könnten blofs einige vulcanische Erscheinungen eine Ausnahme machen, und stimmt diese Ansicht im Allgemeinen weit besser mit La Place's Behauptung überein, als jene unbegründete Hypothese einer unmerklichen Erkaltung.

4. Bei weitem die schwierigste Untersuchung von allen, und nur deswegen vielleicht als minder schwierig betrachtet, weil die Thatsache selbst so allgemein bekannt ist, betrifft die Ursachen, weswegen die Temperatur mit den Höhen so schnell abnimmt. Die Ursachen, welche überhaupt Wärme in höheren Regionen der Luft erzeugen, sind bekannt, und namentlich durch v. Humboldt[1] angegeben. Sie sind 1. die allerdings statt findende, wenn gleich geringe, Absorption der Lichtstrahlen, 2. aufsteigende warme Luftschichten, welche durch starke Erhitzung über der Erdoberfläche specifisch leichter, und dadurch zum Aufsteigen geeignet werden, 3. Wärmeleitung, wenn diese anders nach Rumford's Versuchen statt finden kann, und 4. die Strahlung oder die Erhebung der strahlenden Wärme. Hieraus läfst sich allerdings das Vorhandenseyn der Wärme in den höheren Luftregionen, minder leicht aber ihre geringere Intensität erklären, und die so schnelle Abnahme derselben bleibt doch allezeit räthselhaft. Man leitet nämlich die niedere Temperatur in gröfseren Höhen aus zwei Ursachen ab. Zuerst ist die Luft in den oberen Regionen dünner und durchsichtiger, die Sonnenstrahlen erregen in ihr daher nicht so viele Wärme, als in der unteren, insbesondere aber entgeht ihr diejenige Wärme, welche auf der Erdoberfläche durch das Sonnenlicht erzeugt, und den berührenden Luftschichten durch Strahlung mitgetheilt wird. Diese Ursache ist so aufserordentlich wirksam, dafs d'Aubuisson[2] versichert, Wolken beobachtet zu haben, in welchen die auffallenden Sonnenstrahlen eine grofse und durch Strahlung nach Aufsen wahrnehmbare Menge Wärme entwikkelten. Eine zweite Ursache der mit den Erhebungen über die Oberfläche der Erde zunehmenden Kälte liegt darin, dafs die

1 Abhandl. der Berlin. Akad. d. Wiss. auf das J. 1807. Im Auszuge bei G. XXIV. 1 ff.

2 Traité de Géognos. I. 439.

erwärmten, und dadurch specifisch leichter werdenden Lufttheilchen empor steigen, dabei aber zugleich durch ihre Expansion so viele Wärme binden, als bei ihrer Verdichtung frei wird[1]. Dieser letztere Grund in seinem ganzen Umfange genommen besagt Folgendes. Bei dem unaufhörlichen Auf- und Nieder-Steigen der Luftmassen findet gleichmäfsig Verdünnung und Verdichtung derselben statt. Indem aber durch erstere Wärme gebunden, durch letztere aber entbunden wird, so werden die aufsteigenden Lufttheilchen durch Expansion so viel kälter, die herabsinkenden durch Compression so viel wärmer, um die Differenz der Temperatur in gröfseren und geringeren Erhebungen über die Meeresfläche stets gleichbleibend zu erhalten. Eine nähere Prüfung dieses theoretischen Satzes wird ergeben, in wie weit derselbe mit der Erfahrung übereinstimmt.

Man kann nicht in Abrede stellen, dafs diese beiden zusammenwirkenden Ursachen das vorliegende Phänomen eben so vollständig als deutlich zu erklären scheinen. Indefs will ich beide einer genauen Prüfung unterwerfen, und dann angeben, zu welchem Resultate diese führt, wobei ich mich in Voraus auf diejenigen Untersuchungen beziehe, welche in der Folge unter den Artikeln *Klima*, *Temperatur* und *Wärme* angestellt werden sollen.

a. Wenn die Erfahrung uns berechtigt, die Wärme der Erdoberfläche von der Einwirkung der Sonnenstrahlen abzuleiten, und wir die Ergebnisse der Versuche berücksichtigen, wodurch man den aufserordentlichen Einfluss der Dunkelheit und Dichtigkeit der durch die Sonnenstrahlen getroffenen Körper auf die in ihnen erzeugte Wärme aufgefunden hat, so darf man keinen Augenblick anstehen, die Wärmeproduction durch dieses Mittel in der höchst durchsichtigen Atmosphäre der höheren Gegenden für verschwindend klein zu halten, oder auch mit D'Aubuisson = 0 zu setzen, wenigstens wenn von ausgezeichnet hohen Bergspitzen die Rede ist. Die grofse Kälte in den oberen Luftschichten scheint somit aus der Abwesenheit eines wärmegebenden Mittels leicht erklärlich. Bezieht sich indefs die Untersuchung auf die Kälte der Berge, so stellt sich die Sache

---

1 Unter vielen Autoritäten erwähne ich nur D'Aubuisson a. a. O. Fourier Traité anal. de la Chaleur. p. VI. La Place Méc. Cél V. 87 ff.

ganz anders dar. Auf den Bergen nämlich ist die Luft aufserordentlich durchsichtig, die Sonnenstrahlen kommen also ungeschwächt auf dem Boden an, und erzeugen eine weit gröfsere Wärme, als in niedrigern Gegenden. Zum Beweise mögen aufser den vielen Angaben der auf hohen Bergen empfundenen, gleichsam stechenden, Hitze der Sonnenstrahlen nur die Versuche dienen, welche SABINE auf Jamaica anstellte[1]. Ein geschwärztes Thermometer stieg durch den Einflufs der Sonnenstrahlen im Spiegel des Meeres im Mittel 36°,5 F. über die Wärme der umgebenden Luft, in einer Höhe von 4080 engl. F. aber 59°, so dafs also die absolute Differenz 22°,5 F. = 12°,5 C. betrug. Der Unterschied der Temperaturen beider Stationen war 13° F. Werden diese abgerechnet, so beträgt dennoch die relative Differenz der Wärmeerzeugung in jener Höhe über die untere noch 9° F. oder 5° C., wenn man auf den Bergen das Resultat eines einzigen Tages, an der unteren Station aber das Maximum aus 6 Tagen nimmt. Hiergegen mufs man rechnen, dafs das obere Thermometer bei Nacht mehr Wärme verlor, als das untere, wie SABINE meint, durch Strahlung. Das obere, dem freien Himmel ausgesetzte Thermometer mit einer geschwärzten Kugel fiel nämlich in einer Nacht um 18° F. mehr, als ein im Schatten befindliches und gegen Strahlung gesichertes, zwei solche verglichene Thermometer an der unteren Station differirten aber nur um 9° F. im Mittel aus 7 Nachtbeobachtungen. (Das Maximum der Differenz betrug 11°,5 F.) Nehmen wir auf dieses letztere keine Rücksicht, so verlor das obere 9° F. = 5° C. Wärme mehr als das unterere bei Nacht, und gewann 22°,5 F. = 12°,5 C. mehr bei Tage, ja sogar mit Rücksicht auf die oben einmal vorhandene gröfsere Kälte war die Wärmeproduction oben mindestens eben so grofs und eigentlich noch überwiegend gröfser als die Wärmeverminderung in Vergleichung mit beiden Resultaten an der unteren Station. Hieraus geht aber evident das Resultat hervor, dafs es auf hohen Bergen *wärmer* seyn müfste, als in der Tiefe. Man könnte hiergegen anführen, dafs die höheren Gegenden stets in Berührung mit der kalten Luft sind, wodurch ihnen Wärme entzogen wird; allein der Verfolg der Untersuchungen wird ergeben, dafs die Spiten der Berge

1 An Account of Experiments to determine the figure of the Earth. Lond. 1825. 4. p. 507.

vielmehr kälter sind, als die Luft in gleichen Höhen. Ohne daher dieses, auf einen Widerspruch zwischen bekannten Thatsachen führende Problem hier weiter zu erörtern, gehe ich zum zweiten Argumente über.

b. Am wichtigsten ist also der zweite Grund der mit den Höhen abnehmenden Wärme, welcher aus der Erkaltung der Luft durch Expansion und aus ihrer Erwärmung durch Compression hergenommen wird. Hierbei mufs zuvörderst vorausgesetzt werden, was noch nicht völlig durch die Erfahrung erwiesen, aber mindestens im höchsten Grade wahrscheinlich und vor der Hand nicht zu bezweifeln ist, dafs durch Expansion der Luft eine ganz gleiche Wärmemenge gebunden, als durch ihre Compression frei wird. Soll ferner bei den verschiedenen, häufig aufwärts und niederwärts gehenden Luftbewegungen das bestehende Gleichgewicht der Temperaturen in ungleichen Höhen bleibend erhalten werden, so mufs die Wärmebindung und Entbindung durch Verdichtung und Verdünnung der Luft den ungleichen Temperaturen verschiedener Höhen und der daselbst beobachteten Temperaturen correspondiren. Es fragt sich also, was aus Theorie und Erfahrung rücksichtlich dieser Aufgabe folgt. Der Gegenstand ist wegen seiner hohen Wichtigkeit oft untersucht, und ich will daher das Wesentlichste darüber mittheilen, indem ich bei den neuesten Versuchen hauptsächlich eine Dichtigkeitsvermehrung bis zum Doppelten berücksichtige, weil hiervon eine unmittelbare Anwendung auf die durch Gay-Lüssac bei seinem aërostatischen Auffluge erhaltenen Resultate gemacht werden kann.

1. Die Untersuchung fällt im Allgemeinen mit einer andern, oben (D. a. 6) schon in nächster Beziehung auf die Erfahrung angeregten, zusammen, nämlich ob für gleiche Höhenunterschiede die Temperaturen in einer arithmetischen oder geometrischen Progression abnehmen, und diese Frage kann hier zugleich mehr im Allgemeinen mit erörtert werden. Schon L. Euler[1] folgerte in seiner Abhandlung über die Strahlenbrechung, dafs die letztere als Regel anzunehmen sey. Bezeichnen t und t' die Temperaturen und h die Höhe der zwischen beiden liegenden Luftschicht, so ist

1 Mém. de Berlin. 1754. p. 140.

$$h = f\frac{t - t'}{1 + t},$$

wonach also die Höhe dem Unterschiede der Temperaturen directe, und der unteren Temperatur umgekehrt proportional ist. Diese Formel Euler's bezieht sich auf das Luftthermometer. Oltmanns[1] hat sie indefs auf das Quecksilberthermometer unter der Voraussetzung reducirt, dafs die Luft zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers sich um 0,375 ihres Volumens ausdehnt, und findet dann aus v. Humboldt's Beobachtungen folgende Werthe für den Coefficienten 1 : f, deren Uebereinstimmung zeigt, dafs für die gemessenen Höhen diese Formel allerdings mit der Erfahrung übereinstimmt.

Beobachtungsort	1 : f
Pic von Teneriffa	— 0,000036563
Nevado de Toluca	— 0,000039633
Silla de Caraccas	— 0,000035506
Pichincha —	— 0,000036579
Fuerte de la Cuchilla	— 0,000038344
Chimboraço —	— 0,000035447

Diese Beobachtungen liegen indefs sämmtlich zwischen den Wendekreisen, und es ist oben nachgewiesen, dafs aus ihnen kein allgemeines Gesetz der Wärmeabnahme in wachsenden Höhen entlehnt werden kann. Inzwischen ist Euler's Formel auf ein im Allgemeinen richtiges und mit der Erfahrung übereinstimmendes Princip gegründet.

Lambert[2] nimmt in Gemäfsheit seiner Untersuchungen über die Verbreitung der Wärmetheilchen an, dafs für gleiche Höhenunterschiede abnehmende Temperaturdifferenzen statt finden, mithin dafs die ersteren in einer zunehmenden Progression wachsen, wenn die letzteren in einer arithmetischen Reihe abnehmen. Aus seiner Formel berechnet er, dafs folgende Temperaturen und Höhen einander zugehören.

---

1 G. XXXI. 387.

2 Mém. de Berlin. 1772. Pyrometrie. p. 232.

Höhen in Tois.	Temp.	Differ. für 420 t.	Höhen in Tois.	Temp.	Differ. für 420 t.
000	1,0000	0,0382	2520	0,8410	0,0138
420	0,9618	0,0320	3360	0,8134	0,0109
840	0,9298	0,0273	4200	0,7915	0,0052
1260	0,9025	0,0233	6300	0,7555	0,0041
1680	0,8792	0,0201	8400	0,7351	0,0032
2100	0,8591	0,0181	10500	0,7219	

La Grange[1] meint, dafs die Hypothese einer mit den Höhen gleichmäfsig abnehmenden Temperatur der Natur der Sache am angemessensten sey, Oriani[2] nimmt statt dessen eine harmonische Reihe an, welche zwischen einer arithmetischen und einer geometrischen in der Mitte liegt, und eben so urtheilt v. Lindenau[3]. Indem er aber für barometrische Höhenmessungen die mittlere Temperatur beider Stationen durch die Formel

$$\vartheta = \tfrac{1}{2}(t+t') - 0{,}000004\,(t-t')$$

ausdrückt, so ergiebt sich, dafs hiernach die Wärmeabnahme von einer arithmetischen Reihe nicht merklich abweicht. Für mäfsige, oder vielmehr durch Menschen erreichbare Höhen theilt auch La Place in so fern diese Ansicht, als er in seiner Formel für barometrisches Höhenmessen die mittlere Temperatur der zwischenliegenden Luftschichten dem arithmetischen Mittel aus beiden gemessenen Temperaturen gleich setzt.

2. Zur Würdigung sowohl dieser älteren und neueren, als auch insbesondere der neuesten Bestimmungen über diesen Gegenstand ist indefs vor allen Dingen nothwendig, die Vermehrung und Verminderung der Wärme zu kennen, welche durch Expansion und Compression der Luft hervorgebracht wird, weil Luftmassen stets aufsteigen und herabsinken, und hierdurch nothwendig das Gleichgewicht der Temperatur gestört werden müfste, wenn namentlich die aufsteigenden Lufttheile nicht durch die gröfsere Ausdehnung in höheren Regionen diejenige Wärme wieder verlören, welche ihnen bei der Berührung der

---

1 Mém. de Berlin. 1772. p. 206.

2 Dieser Gelehrte gründete seine Untersuchungen hauptsächlich auf die horizontale Strahlenbrechung. S. Ephem. astron. anni 1788 cet. p. 218. Vergl. La Place in Méc. Cél. IV. 262. v. Zach in Mon. Cor. XXI. 101.

3 Bernhard de Lindenau Tables barometriques cet. Leipz. 1809. 8.

Erdoberfläche mitgetheilt ist. Versuche hierüber sind viele angestellt, jedoch stimmen die erhaltenen Resultate keineswegs vollkommen, einige überall kaum mit einander überein, weil namentlich die Absorption der Wärme durch die Wände der Gefäfse und sonstige Bedingungen einen ausnehmend grofsen Einfluſs ausüben. Vollständig können die verschiedenen Versuche hier zwar nicht geprüft werden[1], wohl aber ist es nothwendig, von den gefundenen Gröfsen hier Gebrauch zu machen. Einige Versuche, welche mit der Bestimmung der in den Wasserdämpfen durch Expansion latent werdenden Wärme zusammenhängen, sind oben[2] schon angegeben, und können daher hier nur kurz erwähnt werden. Nach Robison werden durch eine Verdünnung der Luft auf die Hälfte ihrer Dichtigkeit 3°,024 R. = 3°,8 C. Wärme gebunden, nach Southern 11°,85 R. = 14°,81 C. Gay-Lüssac[3] verband zwei Ballons mit einander, exantlirte den einen, liefs dann in diesen die Luft aus dem andern strömen, und beobachtete die hierdurch in beiden erzeugte Veränderung der Temperatur. Hiernach erhielt er durch eine Vermehrung der Dichtigkeit auf das Doppelte nur eine Vermehrung der Temperatur um 5° C. an einem empfindlichen Lufthermometer. J. Dalton[4] suchte gleichfalls durch Verdichtung und Verdünnung der Luft in Ballons vermittelst der Luftpumpe die Menge der hierdurch frei und latent werdenden Wärme zu finden, und nimmt als genäherte Gröfse aus seinen Versuchen an, dafs eine Compression bis auf das Doppelte der Dichtigkeit 50° F. = 28° C. oder 22° R. Wärme erzeugt.

Ungleich gröfsere Resultate sind durch andere Versuche erhalten, welche im Ganzen mehr Vertrauen verdienen, ohne dafs es deswegen erlaubt ist, jene ganz in Schatten zu stellen. De la Rive und Marcet[5] fanden nämlich bei der Anwendung sehr vollkommener Apparate und äufserst genauer Beobachtung ein bei den gewählten Methoden täuschendes Hindernifs. Die von Aufsen in den Ballon dringende Luft machte die Luft anfangs sinken, weil sie in dem leereren Raume expandirt wurde,

1 Vergl. *Wärme; Erzeugung derselben.*
2 S. Art. *Dampf.* Th. II. S. 303.
3 Mém. d'Arcueil. I. 180 daraus bei G. XXX. 258.
4 G. XIV. 101.
5 Bibl. univ. XXII, 275. Ann. Ch. et Ph. XXIII. 209.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

der anfängliche Wärmeverlust betrug nach dem Thermometer 2°,4 und die nachher erfolgende Temperaturerhöhung 7 bis 9 Grade, so dafs nur eine absolute Wärmevermehrung von etwa 6° C. am Thermometer wahrnehmbar wurde. Genau genommen mufste aber von der durch Verdichtung der Luft erzeugten Wärme ein aliquoter Theil zur Erwärmung des Thermometers abgegeben werden, wozu eine gewisse Zeit erforderlich war, und wenn man diese Betrachtungen weiter verfolgt, so ergiebt sich leicht, dafs die eigentliche Wärmebindung durch Expansion selbst in demjenigen Ballon, aus welchem nach Gay-Lüssac die Luft ausströmte, entweder gar nicht oder nicht mit völliger Genauigkeit gemessen werden konnte[1].

Unter die sinnreichsten und bisher mit Recht sehr geachteten Versuche gehören daher die durch Clement und Desormes[2] angestellten. Sie liefsen Luft in einen Ballon strömen, worin die Elasticität der eingeschlossenen Luft 752,69 Millim. zeigte, während die der äufseren 766,5 Millim. betrug. Die Differenz der Dichtigkeiten war also = 13,71 Millim. und die Verdichtung $\frac{13,71}{766,5} = \frac{1}{55,5}$, wodurch 1°,3212 Wärme ausgeschieden wurde. Hiernach giebt also ohne Weiteres eine Zusammendrückung der Luft von 0,017886 ihres Volumens 1°,3212 C. Wärme, mithin erfordert 1° C. eine Verdichtung von 0,013538 und 1° R. von 0,016922 unter den Bedingungen des angegebenen Versuches. Poisson, welcher diese Versuche einer genauen Berechnung unterworfen hat[3], findet, dafs eine Verdichtung der Luft um 0,01355 einer Temperaturerhöhung von 1°,3212 zugehört, welches für 1° C. 0,01025 und für 1° R. 0,01282 geben würde, wenn man die Verdichtungen den erzeugten Temperaturen direct proportional setzt. Diese Bestimmung, welche auf den ersten Blick eine sehr grofse Wärmeausscheidung als Folge der Compression der Luft darthut, findet Poisson indefs zur Erklärung der Geschwindigkeit des Schalles in der atmosphärischen Luft noch nicht zureichend, sondern es soll die angegebene Verdichtung einer Temperatur von 1°,513 zugehören, wonach darauf 1° C. 0,008956 und auf 1° R.

---

1 Vergl. *Wärme; Erzeugung durch Compression.*

2 Journ. de Ph. LXXXIX. 331.

3 Journ. de l'École polyt. Cah. XIV. Ann. Ch. et Ph. XXII. 5.

0,01119 Verdichtung kommen würde. Aehnliche Angaben, welche aber fast alle mit der Fortpflanzung des Schalles in Verbindung stehen, und auf den genannten Versuchen beruhen, finden sich mehrere. Unter andern äufsert Gay - Lüssac[1] beiläufig, dafs eine fünffache Verdichtung der Luft 250° C. erzeugen würde, wonach auf 1° C. 0,02 und auf 1° R. 0,025 kommen würde. Biot[2] bezieht sich auf Poisson's angegebene Abhandlung, und nimmt hypothetisch an, dafs zur Erklärung der Geschwindigkeit des Schalles für 1° C. eine Verdichtung von $\frac{1}{116}$tel = 0,008620 und für 1° R. von 0,0108 anzunehmen sey. Es mögen indefs diese Angaben hier nur zur Vergleichung dienen, und ich werde sie daher bei der nachfolgenden Anwendung nicht weiter berücksichtigen.

Nach de la Peace[3] haben Gay - Lüssac und Welter eine sehr grofse Reihe ähnlicher Versuche zur Begründung seiner Theorie über die Fortpflanzung des Schalles durch die Luft angestellt, indem sie die Luft comprimirten, anstatt sie wie Clement und Desormes zu verdünnen. Statt der durch letztere nach Poisson's Berechnung erhaltenen Gröfse = 0,01355 erhielten jene 0,0137244, wonach dann für 1° C. 0,010388 und für 1° R. 0,012985 kommen würde. Auch die Versuche, welche de la Roche und Berard über die specifische Wärme der Gasarten angestellt haben, benutzt la Place, um jene Bestimmung daraus zu erhalten, und findet diese = 0,013748, wonach für 1° C. 0,010405 und für 1° R. 0,013007 gehört.

Auf eine von den angegebenen Methoden verschiedene Weise hat J. J. Prechtl[4] das Gesetz der Wärmeentbindung durch Compression der Luft in nächster Beziehung auf die Wärmeabnahme in der Atmosphäre untersucht. Das sinnreich ausgedachte, und vielleicht zweckmäfsigste Verfahren bestand im Allgemeinen darin, eine eingeschlossene und durch Wärme auf einen höheren Grad der Spannung gebrachte Quantität Luft mit der äufseren plötzlich ins Gleichgewicht der Elasticität zu setzen,

---

1 Ann. Ch. et Ph. IX. 305.

2 Traité II. 21.

3 Méc. cél. V. 125.

4 Jahrb. des polyt. Inst. III. 1. G. LXXVI. 249. Eine nähere Beschreibung der Versuche s. Art. *Wärme*.

die sogleich erfolgende und die nach längerer Zeit eintretende Ausdehnung zu messen, und aus dem Unterschiede beider die gleich anfangs durch die Expansion verlorene Wärme zu bestimmen. Als mittleren Werth erhielt er nach der oben gewählten Bezeichnung 0,01720 für 1° C. und 0,0215 für 1° R.

Da sich der Natur der Sache nach nicht erwarten läfst, dafs so complicirte Versuche völlig übereinstimmende Resultate geben sollten, und die gewählten Methoden der Untersuchung keiner der gefundenen Gröfsen ein entschiedenes Uebergewicht über die anderen geben, so wird es vor der Hand am besten seyn, aus allen das arithmetische Mittel zu suchen. Heifst also die für 1° R. ausgeschiedener Wärme gefundene Gröfse der Compression x; die für 1° C. gefundene y, so haben wir folgende Werthe aus den verschiedenen Versuchen.

Nach Clement und Desormes ist	$x=0{,}01282$;	$y=0{,}01025$
— Gay-Lüssac und Welter	$x=0{,}012985$;	$y=0{,}010388$
— La Roche und Berard	$x=0{,}013007$;	$y=0{,}010405$
— Prechtl	$x=0{,}021500$;	$y=0{,}017200$
Mittel	$=x=0{,}015078$;	$y=0{,}012061$

Das Mittel aus den französischen sehr nahe übereinstimmenden Bestimmungen giebt $x=0{,}012937$ und $y=0{,}010348$. Ist der Werth für x und für y einmal gegeben, und darf man voraussetzen, dafs die Vermehrung und Verminderung der Wärme der Compression und Expansion der Luft direct proportional sey, so läfst sich durch $\frac{n}{x}$ oder $\frac{n}{y}$ die durch eine n fache Verdünnung oder Verdichtung der Luft latent oder frei gewordene Wärme in Graden der achtzig - oder hundert - theiligen Scale finden. Wegen einer Vergleichung mit den durch Gay-Lüssac bei seinem aërostatischen Auffluge erhaltenen Resultaten sey $n=2$; so giebt das allgemeine Mittel für eine Verdoppelung der Dichtigkeit 132°,64 R. = 165°,82 C., das Mittel aus den drei französischen Versuchen aber 154°,6 R. = 193°,27 C.

3. J. Leslie[1] sucht gleichfalls aus den ihm bekannten Versuchen über die durch Verdünnung der Luft absorbirte Wärme das Gesetz aufzufinden, wonach die Temperatur der

1 Ann. of Phil. XIV. 26.

Atmosphäre mit zunehmender Höhe abnimmt. Hiernach ist für Grade der Fahrenheit'schen Scale, wenn d die Dichtigkeit der höheren Luftschichten, die der unteren als Einheit angenommen, bezeichnet, und $x = 1 - d$ gesetzt wird, die Verminderung der Temperatur $= 45° \, x \left(\frac{2 - x}{1 - x} \right)$, wonach die Wärme für 200 F. Höhe um 1° F. abnimmt. Wird hiernach die Temperaturverminderung berechnet, welche einer Abnahme der Dichtigkeit der Luft bis auf die Hälfte zugehört, so ist $d = 0{,}5$, also $x = 0{,}5$ und die Abnahme der Wärme $= 67°{,}5$ F. oder $= 37°{,}5$ C.

4. Ehe ich diese Untersuchungen weiter fortsetze, wird es nöthig seyn, die von Gay-Lüssac bei seinem oft erwähnten aërostatischen Auffluge erhaltenen Gröfsen bestimmter anzugeben, weil diese nicht blofs an sich grofses Zutrauen verdienen, sondern auch zwischen den vielen andern gefundenen Werthen ohngefähr in der Mitte liegen. Gay-Lüssac[1] beobachtete nämlich an der Erdoberfläche 30°,8 C. und in gröfster Höhe —9°,5, mithin betrug die Temperaturdifferenz beider Stationen 40°,3 C. Die Barometerstände zeigten eine Dichtigkeit der Luft unten $= 1$, oben $= 0{,}432$, und wenn die letztere Gröfse wegen des Unterschiedes der Temperatur corrigirt wird $= 0{,}5$; mithin gehört einer Verdünnung der Luft bis auf die Hälfte ihrer Dichtigkeit eine Temperaturverminderung von 40°,3 C. zu, wenn man annehmen will, dafs die von unten aufsteigenden, und umgekehrt die von oben herabsinkenden Lufttheilchen durch Expansion und Compression die Temperatur der Luftschichten annehmen, in welche sie gelangen, wodurch dann das Gleichgewicht in der Temperatur bleibend erhalten werden würde.

5. Prechtl[2] giebt an, es lasse sich aus der gegebenen Verdünnung der Luft und dem bekannten Werthe von x die Verschluckung der Wärme leicht finden, und da die Dichtigkeit der Luft dem Barometerstande direct proportional sey, so gebe für die Barometerstände h und h′ und die Temperaturen t und t′ die Formel

$$\frac{h - h'}{h} = x \, (t - t') \text{ oder } t' = t - \frac{h - h'}{h \, x}$$

---

1 S. Th. I. S. 241.
2 C. LXVII. 252.

die zusammengehörigen Höhen und Temperaturen. Dafs man in diese Formel ohne Weiteres y statt x setzen könne, wenn die Temperaturen in Centesimalgraden gemessen werden sollen, versteht sich von selbst. Nach den vorstehenden Angaben dürfen wir in dem vorliegenden Falle statt die Dichtigkeiten aus den Barometerhöhen zu berechnen, nur $\frac{0,5}{x} = t - t'$ setzen, oder nach Graden der hunderttheil. Scale y statt x setzen, um die oben angegebenen Werthe mit dem durch Gay-Lüssac gefundenen Unterschiede der Temperaturen = 40°,3 C. zu vergleichen. Die nachstehende Uebersicht enthält diese Gröfsen, und in der letzten Columne die Differenz.

Nach Clement und Desormes	48,7	Diff.	+ 8,4
— Gay-Lüssac und Welter	48,1	—	+ 7,8
— La Roche und Berard	48,0	—	+ 7,7
— Prechtl	29,1	—	—11,2
— Leslie	38,0	—	— 2,3
Mittel aus den oberen vier Bestimmungen	41,4	—	+ 1,1

Diese Zusammenstellung ergiebt, dafs die Differenzen mit Ausnahme der Bestimmung durch Leslie und des arithmetischen Mittels aus den vier übrigen Werthen zu grofs sind, als dafs sie nicht Fehler in der einen oder anderen Beobachtung oder in den theoretischen Voraussetzungen andeuten sollten. Es darf dabei nicht unbemerkt bleiben, dafs nach den französischen Bestimmungen die Kälte in höheren Regionen gröfser seyn müfste, nach Prechtl und Leslie aber geringer, als sie durch Versuche gefunden ist. Prechtl berechnet die Dichtigkeit der Luftschichten in den verschiedenen Höhen blofs nach den Barometerständen, ohne darauf Rücksicht zu nehmen, dafs die höheren durch geringere Temperatur dichter waren, als unmittelbar aus ihren Elasticitäten folgt. Weil indefs seine Zusammenstellung der gefundenen Werthe zugleich einige interessante Einflüsse anderweitiger Bedingungen beurkundet, welche weiterhin noch näher betrachtet werden müssen, so nehme ich keinen Anstand die von ihm gefundenen Werthe hier mitzutheilen.

Barometer-stand in Centim.	Höhen über Paris	Beobach. Temp. nach R.	Berech. Temp. nach R.	Diff.
76,52	0	22,25	—	—
53,81	1555,6	10,00	8,41	+1,59
51,43	1750,6	8,75	6,89	+1,86
49,68	1893,9	6,75	5,89	+0,86
49,05	1958,2	8,30	5,50	+3,00
45,28	2314,8	7,00	3,21	+3,79
44,04	2428,8	6,50	2,45	+4,05
43,53	2467,2	5,75	2,24	+3,01
42,49	2566,3	4,75	1,68	+2,57
41,41	2634,6	0,75	0,85	—0,10
41,14	2702,7	3,50	0,68	+2,82
39,85	2831,7	2,00	—0,11	+2,11
39,18	2889,4	0,00	—0,51	+0,51
39,01	2911,6	0,50	—1,07	+1,57
37,17	3099,3	—2,50	—1,74	—0,76
36,96	3133,4	—1,25	—1,87	+0,62
36,70	3151,9	—2,75	—2,64	—0,11
33,39	3532,0	—5,5	—4,04	—1,46
32,88	3579,9	—7,5	—4,35	—3,15

6. Bei den bisher benutzten Formeln wird auf die anfängliche Temperatur der comprimirten Luft keine Rücksicht genommen, sondern vorausgesetzt, dafs die ausgeschiedene Wärme der wachsenden Dichtigkeit jederzeit proportional sey. Poisson aber hat bei seiner gehaltvollen Bearbeitung dieses Gegenstandes gezeigt, dafs die Menge der ausgeschiedenen Wärme in einem gewissen Verhältnisse zu ihrer anfänglichen Temperatur steht. Die Formel, welche dieser grofse Geometer zur Berechnung der durch Compression frei werdenden Wärme mittheilt, von welcher schon im Artikel *Dampf*[1] Gebrauch gemacht ist, deren vollständige Entwickelung aber hier gleichfalls nicht mitgetheilt werden kann, gründet sich auf die Wärme des Raumes, und die Ausdehnung der Gasarten durch Wärme, wenn man ihr Volumen bei 0° C. = 1 setzt. Indem nämlich die letztere Gröfse 0,375 des anfänglichen Volumens beträgt, so nennt La Place[2] $\frac{100^\circ}{0{,}375} = 266{,}67$ die Wärme des Raumes. Bezeich-

1 Th. II. S. 302. Vergl. G. LXXVI. 269.
2 Méc. Cél. V. p. 92.

nen dann t und t' die anfängliche und die durch Compression erzeugte Wärme, ϱ und ϱ' die anfänglichen und die nachherigen Dichtigkeiten, k endlich den Coefficienten der Ausdehnung, so giebt der analytische Ausdruck

$$t' = (266°,67 + t)\left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{k-1} - 266°,67$$

das Verhältnifs zwischen den Temperaturen und Dichtigkeiten. Wird diese Formel unmittelbar auf die durch Gay-Lüssac erhaltenen Resultate angewandt, so ist $\varrho' = 2\varrho$, und $t = -9°,5$, wonach aus $t' - t = 79°,16 + 0,2968\,t$ wenn man für t den Werth $-9,5$ setzt, $t' = 66°,84$ gefunden wird. Sänken also die Luftschichten aus der durch Gay-Lüssac erreichten Höhe bis zur Oberfläche der Erde herab, und würden bis auf das Doppelte ihrer Dichtigkeit hierdurch comprimirt, so würde hierdurch ihre Temperatur bis 66°,84 C. vermehrt werden. Nach Gay-Lüssac aber betrug die untere Temperatur nicht mehr als 30°,8, welches also einen Unterschied von 36° C. giebt. Ohne diese bedeutende Differenz hier weiter zu untersuchen, gehe ich zu noch einer Bestimmung über.

7. Auch Ivory hat in einigen Abhandlungen das Problem der Wärmeabnahme in gröfseren Höhen untersucht, wobei er in der Art der Darstellung der Methode Poisson's in dessen Abhandlung[1] über die Gesetze der Fortpflanzung des Schalles durch die Luft und der dabei statt findenden Ausscheidung der Wärme folgt. Zuerst hat Ivory in einer früheren Abhandlung[2] aus den Gesetzen der astronomischen Strahlenbrechung gezeigt, dafs die Dichtigkeit, die Temperatur und den Druck der Atmosphäre an der Oberfläche der Erde $= 1$ gesetzt, für eine Abnahme der Dichtigkeit $= (1-\omega)$ der Druck derselben $= (1-\omega)^{\frac{5}{4}}$

1 Journ. de l'École Polytechnique. Cah. 14.

2 Phil. Trans. 1823. Besonders abgedruckt ist die Abhandlung unter dem Titel: Ivory on the astronomical refraction. Lond. 1823. 4. Aehnliche gelehrte Untersuchungen über die Ursache der mit der Höhe abnehmenden Wärme sind enthalten in Plana Recherches analytiques sur la densité des couches de l'Atmosphère et la théorie des Refraction astronomiques. Turin 1823. 4. aus Mem. della R. Accad. di Torino. Diese Untersuchungen reihen sich an die oben erwähnten von L. Euler, Oriani, La Place u. a., können aber hier nicht weiter berücksichtigt werden.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

wird, wonach die Function der Temperatur also $(1-\omega)^{\frac{1}{4}}$ beträgt. Diesemnach folgert Ivory ferner[1], dafs mit Beibehaltung der angegebenen Bezeichnung der Elasticität, des Druckes und der Dichtigkeit der Luft über der Erdoberfläche durch 1, in irgend einer gegebeneu Höhe

die Elasticität $= p = \left(\frac{1+\alpha\tau-\alpha\iota}{1+\alpha\tau}\right)^3 \left(\frac{1+\alpha\tau-\alpha\iota+\alpha\vartheta}{1+\alpha\tau}\right)$

die Dichtigkeit $= \varrho = (1-\omega) = \left(\frac{1+\alpha\tau-\alpha\iota}{1+\alpha\tau}\right)$ (I.

sey, wenn τ die Temperatur an der Erde, ι die Zahl der Thermometergrade, um welche die Temperatur vermindert wird, wenn die Luft von der Dichtigkeit $= 1$ zu $(1-\omega)$ übergeht, und ϑ die durch alle anderweitigen Ursachen hervorgebrachten Veränderungen der Temperatur bezeichnet, wodurch die Luft in der gegebenen Höhe afficirt werden kann. Geht man hiervon aus, so folgt nach Ivory ferner[2], dafs wenn h und D den Barometerstand und die zugehörige Dichtigkeit der Luft in der Höhe x, dagegen h′ und D′ diese nämlichen Gröfsen an der Oberfläche der Erde bezeichnen

$$h = \int -D\,dx$$

sey. Ist dann l die Länge einer Luftsäule von gleicher Dichtigkeit $= D'$ und dem Drucke einer Quecksilbersäule $= h'$ gleich, so ist $h = lD'$ und

$$\frac{h}{h'} = \int -\frac{D}{D'} \times \frac{dx}{l}.$$

Hierin ist l eine veränderliche, von der Temperatur an der Erdoberfläche abhängige Gröfse. Nimmt man hierbei den Nullpunct der Centesimalscale als Normalgröfse an, so wird für die Temperatur τ die Höhe $l' = l\,(1+\alpha\tau)$ woraus

$$\frac{h}{h'} = \int -\frac{D}{D'} \times \frac{dx}{l\,(1+\alpha\tau)}$$

wird. Setzt man aber $s = \frac{x}{l\,(1+\alpha\tau)}$, so wird

$$p = \int -\varrho\,ds = \int -(1+\omega)\,ds \quad \text{(II.}$$

und die beiden Gleichungen I. und II. bezeichnen die physischen Verhältnisse zwischen der Elasticität, Dichtigkeit, Tem-

1 Phil. Mag. LXVI, 3.
2 Ebend. p. 87.

peratur und Höhe einer Luftmasse in einer gewissen Höhe in ihrem Gleichgewichte. Alle diese Stücke hängen ab von den beiden veränderlichen Gröfsen ι und ϑ, und wenn $t = \iota - \vartheta$ gesetzt wird, von den veränderlichen Gröfsen ι und t.

Ivory bezieht sich auf Dalton's Gesetz, wonach die Lufttheilchen durch das Aufsteigen ausgedehnt werden, und somit eine ihrer Ausdehnung proportionale Wärmeverminderung erleiden. Die Vergleichung des Barometer- und Thermometerstandes in verschiedenen Höhen müfste daher ein Mittel abgeben, das Gesetz der Verminderung des Druckes und der Abnahme der Wärme aus der Erfahrung zu finden. Er schlägt ferner vor, hierbei die durch Ramond aus 38 Beobachtungen gefundene mittlere Gröfse, wonach 164,7 Meter 1° C. Wärmeabnahme geben, und das Gesetz, dafs die Verminderungen der Wärme der Höhen direct proportional sind, zum Grunde zu legen. Ivory setzt dann aber der Vergleichung wegen in seiner Formel $\vartheta = 0$; $\iota = t$; $\varrho = 0{,}5$; $\tau = 31°$; und findet hiernach

$$\iota = \frac{1 + \alpha\tau}{\alpha}\left(1 - \varrho^{\frac{1}{3}}\right)$$

also die Temperaturverminderung $\iota = 61°$, folglich nahe 21° gröfser, als Gay-Lüssac's Beobachtung gegeben hat. Den auf diese Weise erhaltenen Werth vergleicht er mit demjenigen, welchen Poisson's Formel für die Berechnung der Geschwindigkeit des Schalles[1] geben soll, wenn man die Menge der ausgeschiedenen oder gebundenen Wärme den Verdichtungen und Verdünnungen der Luft direct proportional setzt, also $= A \times \omega$. Hierin soll dann der beständige Coefficient $A = 116°$ und $\omega = 0{,}5$ seyn, wonach eine Temperaturverminderung von 58° C. herauskommt[2]. Ivory sucht dann weiter darzuthun, auf wel-

---

1 S. Journ. de l'Éc. Polyt. Cah. 14.

2 Hierbei liegt wohl ohne Zweifel ein Versehen Ivory's zum Grunde. Poisson nimmt nämlich a. a. O. allerdings an, dafs eine Verdichtung von $\frac{1}{116}$ eine Temperaturerhöhung von 1° C. giebt, worin ihm auch Biot (nach oben No. 2.) folgt. Allein hiernach mufs eine Verdichtung von $\frac{116}{116} = 1$ nothwendig 116° C. geben, wenn man anders die unzulässige Bedingung zugesteht, dafs die ausgeschiedene Wärme allgemein der Zusammendrückung direct proportional sey. Ivory sieht nun diese Zahl als eine beständige an, und bringt her-

che Weise ein Gleichgewicht in der Atmosphäre und ein Zustand der Ruhe ihrer Theilchen entstehen und bestehen kann, wenn dieselben entweder aufsteigen oder herabsinken, wobei sie im ersteren Falle durch Wärmebindung kälter, im letzteren durch Entbindung wärmer werden müssen, ohne dafs jedoch diese Demonstration in Gemäfsheit des durch seine Formel erhaltenen Werthes zu einer genügenden Erklärung dieses schwierigen Problemes hinreicht. Indefs glaubte ich dieselbe vollständiger mittheilen zu müssen, da sie sich unmittelbar auf den fraglichen Gegenstand bezieht.

c. Die Uebersicht der bisher mitgetheilten Untersuchungen welche sich auf die Versuche und Berechnungen der geübtesten Experimentatoren und gewandtesten Geometer gründen, führt leider zu der Ueberzeugung, dafs die Verschiedenheit der Temperatur in ungleichen Höhen auch aus dem zweiten Grunde, nämlich der durch Expansion der Luft gebundenen Wärme nicht genügend erklärt werden kann. Wenn aber aus dem ersteren Argumente[1], nämlich der geringeren Wärmeerzeugung durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen folgt, dafs die Temperatur

---

aus, dafs für eine Verdünnung bis 0,5 eine Verminderung der Wärme $= 116 \times 0{,}5 = 58°$ erhalten werde. Allein wenn man Luft von irgend einer Dichtigkeit $= 1$ comprimirt, bis sie $= 2$ wird, wie bei Gay-Lüssac's Versuche der Fall war, wenn man von oben an nach unten rechnet, weswegen auch in Poisson's Formel oben $\varrho' = 2\varrho$ gesetzt ist, so ist ihre Dichtigkeit dann doppelt, die Vermehrung derselben aber $1 = \frac{116}{116}$, und hiernach müssen nothwendig 116° C. Wärme ausgeschieden werden. Auf gleiche Weise scheint mir ein Mifsgriff von Clement und Desormes begangen zu seyn, indem sie im Journ. de Ph. LXXXIX. 334. die Wärme des Raumes $= 116°$ setzen, weil $\frac{116}{116} = 1$ die Dichtigkeit der Luft $= 1$ gebe. Allein von der absoluten Leere bis zur Dichtigkeit $= 1$ giebt es eine unendliche Menge der Dichtigkeiten, weil $\frac{1}{0} = \infty$ ist. Wird aber angenommen, dafs sich die Bestimmung auf die Dichtigkeit und Temperatur der von ihnen zum Versuche benutzten Luft beziehe, dann ist von dieser allerdings $\frac{116}{116} = 1$. Hieraus ergiebt sich aber, dafs man bei diesen Bestimmungen allezeit von einer gewissen bestimmten Dichtigkeit und Temperatur der Luft ausgehen müsse, wie nicht allezeit geschehen ist, und hieraus erklären sich zum Theil die abweichenden Resultate.

1 S. oben a.

auf den Spitzen der Berge höher seyn müfste, als die Erfahrung sie giebt, so folgt dagegen aus dem zweiten, auf die durch Expansion erzeugte Kälte gebaueten, dafs es in der Höhe ungleich kälter seyn müsste, als die Beobachtung angiebt. Auf den ersten Blick könnte man zu dem Schlusse veranlafst werden, dafs diese beiden entgegengesetzten Bedingungen einander ausgleichen, allein bei der verhältnifsmäfsig geringen Anzahl der Bergspitzen und Plateaus auf der Erdoberfläche zeigt sich diese Hypothese als unzulässig, und es müfste sonach die Kälte in der Höhe weit gröfser seyn, als die Beobachtungen sie geben. Vergleichen wir aber beide Ursachen mit einander und mit der Erfahrung, so wird die Sache nur noch verwickelter. Hiernach sollte nämlich die Temperatur der Bergspitzen höher seyn, als die durch Expansion bedingte der gleich hohen Luftschichten, allein der allgemeinen Erfahrung nach bilden sich Nebel und Wolken leicht und viel an den Spitzen hoher Berge, und letztere sind überhaupt leicht feucht, weil sich an ihnen die Dämpfe niederschlagen, woraus eine niedrigere Temperatur derselben hervorgeht. Prechtl[1] meint zwar, diese gröfsere Kälte der Bergspitzen rühre von der gemeinschaftlichen Wirkung der Sonne und der stets wechselnden trockenen und dünneren Luftschichten her, wodurch die Verdunstungskälte vermehrt würde, allein die Sonnenstrahlen bringen nach den oben angegebenen Versuchen gerade die entgegengesetzte Wirkung hervor, und wenn sich an den Spitzen der Berge die Wasserdämpfe der Luft verdichten, so müfste auch hierdurch ihre Wärme vermehrt werden; warum aber die Wasserpartikeln auf ihnen mehr als in der Luft verdunsten sollten, und zwar so, dafs eben dadurch wieder eine Kälte erzeugt würde, welche die bedeutenden Niederschläge bedingte, darüber ist gar kein genügender Grund angegeben.

Aus allen angegebenen Berechnungen, (mit Ausnahme der auf Prechtl's und Leslie's Formel gegründeten, welche letztere hier unbeachtet bleiben kann) folgt ferner, dafs die aufsteigende Luft durch ihre Expansion einen höheren Grad der Erkältung annehmen mufs, als der Region zugehört, in welcher sie anlangt. Diese Folgerung an sich könnte man immerhin bestehen lassen und annehmen, dafs durch das stete Aufsteigen

1 G. LXXVI. 264.

solcher Lufttheilchen eine verhältnifsmäfsig wärmere, auf der Erde zunächst ruhende und bis zu einer unbestimmten Höhe reichende Atmosphäre gebildet würde, und daraus könnte es sogar erklärlich werden, dafs die aufsteigenden Wasserdämpfe in höheren Regionen zu Wolken niedergeschlagen werden. Es ergeben sich aber sehr bald die auffallendsten Widersprüche, selbst bei der Voraussetzung einer solchen wärmeren, die Erde zunächst an der Oberfläche umgebenden Atmosphäre, sobald man die Erscheinung umkehrt, und die Luft aus höheren Regionen herabsinken läfst. Bei der Luftfahrt von Gay-Lüssac waren alle Bedingungen günstig, um eine solche Atmosphäre recht hoch hinaufzurücken, weswegen auch hiernach 173 Met. auf 1° C. kommen, statt dafs d'Aubuisson für ähnliche Breiten im Mittel aus vielen Versuchen nur 147 Met. für eine gleiche Temperaturdifferenz erhielt [1]. Nach seiner Erfahrung betrug der Unterschied der Temperatur der ganzen Station 40°,3 C., nach den Berechnungen der Compression vermittelst der Formeln der französischen Gelehrten und Ivory's mufste er aber 7° bis 36° mehr betragen. Wären diese richtig, so würde hieraus folgen, dafs die aus höheren Regionen herabsinkenden Luftschichten in den unteren eine aufserordentliche Wärme erzeugen müfsten oder vielmehr es könnten gar keine herabsinken, weil sie in gröfserer Tiefe sogleich durch die entbundene Wärme heifser, somit specifisch leichter werden, und wieder ins Gleichgewicht kommen würden. Mit diesem letzteren Argumente könnten jene Gelehrten allerdings die Resultate ihrer Versuche vertheidigen, stände nur nicht die Erfahrung entgegen. Wenn ich nämlich von dem noch etwas dunkelen Phänomene der Hagelbildung abstrahire, wobei aus höheren Regionen herabkommende, und die Strömungen der Luft nach sich ziehende Körper eine aufserordentliche Kälte verbreiten, die sich meistens lange Zeit erhält, so ist es ein allbekanntes Phänomen, dafs die von hohen Bergen herabsinkenden Winde empfindlich kalt sind, anstatt dafs sie nach jenen Berechnungen auffallend heifs seyn müfsten. Auch v. Humboldt [2] bemerkt ausdrücklich, dafs bei den Cordilleren wie in Abyssinien Winde entstehen, indem die kalte Luft von den hohen, beeiseten Bergen herabstürzt und die

1 S. oben D. a und b.

2 Reis. d. Ueb. IV. 153.

warme zurückdrängt. Endlich müfsten die Orkan-artigen Stürme, welche durch herabstürzende Schneelavinen erzeugt werden, und wobei die obere Luft offenbar den fallenden Schneemassen nachfolgt, folglich in grofser Schnelligkeit aus sehr bedeutenden Höhen in tiefere Gegenden versetzt wird, nicht blofs eine laue, sondern eine dem Gefühle nach ganz eigentlich heifse Luftströmung bilden, welche indefs nirgend beobachtet ist[1]. Im Gegentheile der genannten Erscheinungen müfsten die aus den Ebenen auf die Berge durch Winde hinaufgetriebenen Luftschichten oben eine empfindliche Kälte zeigen, welches indefs gleichfalls der Erfahrung widerstreitet, indem solche, auch die unteren Luftschichten bewegende und auf hohe Berge führende, Stürme vielmehr lau sind. Der Erfahrung gemäfs müssen wir also annehmen, dafs der Unterschied der Temperaturen ungleicher Höhen gröfser ist als er seyn würde, wenn er der Wirkung der Expansion oder Compression der Luft proportional wäre.

Sollen hiermit die oben mitgetheilten Bestimmungen in Einklang gebracht werden, so ist dieses schon von selbst der Fall bei der durch Prechtl gegebenen, weniger dagegen bei denen von Clement und Desormes, Gay-Lüssac und Welter, La Roche und Berard. Die Ursache hiervon mag in dem Umstande liegen, dafs die von Prechtl zu seinen Versuchen angewandte Luft wahrscheinlich bis 0° R. erkaltet wurde, und so mufste die durch Expansion gebundene Wärmemenge geringer gefunden werden als von den französischen Physikern, weil nach Poisson's Untersuchung die Temperatur der Luft allerdings die durch Compression ausgeschiedene Wärme bedingt[2]. Die gröfste Differenz giebt indefs Poisson's Formel, und von dieser sollte man wegen der hohen Autorität dieses Geometers billig die genaueste Uebereinstimmung erwarten. Letztere läfst sich nur dann erhalten, wenn man annimmt, dafs Poisson allerdings die Menge der durch Compression ausge-

1 Vergl. G. LXIV. 214.

2 Die Versuche der französischen Physiker sind meistens in der Absicht angestellt, um aus der Menge der ausgeschiedenen Wärme die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles zu erklären. Da Letzteres um so leichter ist, je gröfser die durch Compression erzeugte Wärmemenge gefunden wird, so wäre es wohl möglich, dafs aus diesem Bestreben die gefundenen Bestimmungen etwas vergröfsert wären.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

schiedenen Wärme richtig zu finden lehre, dabei aber zu berücksichtigen sey, dafs man zugleich die relative Wärme derjenigen Luft, welche die frei gemachte Wärme wieder aufnimmt, in Betrachtung ziehen müsse. Nach DE LA ROCHE und BERARD[1] ist aber die relative, oder auf das Volumen sich beziehende Wärme der Luft unter einem Drucke von 1,0058 Met. Quecksilberhöhe = 1,2396 wenn sie unter einem Drucke von 0,7405 M. = 1 ist. Setzt man die relativen Wärmen den Dichtigkeiten proportional, so würde die der Luft von doppelter Dichtigkeit $= 1{,}2396 \times \frac{2}{1{,}3538} = 1{,}8252$ betragen; nach CLEMENT und DESORMES aber ist die relative Wärme der halb so dünnen Luft = 0,693, die der einfach dichten = 1 gesetzt. Diesem gemäfs würden also die durch POISSON's Formel erhaltenen 66°,84 nach jener ersten Bestimmung $\frac{66{,}84}{1{,}825} = 36°{,}6$ nach der letzteren aber $66{,}84 \times 0{,}693 = 46°{,}32$ geben, welches den Beobachtungen allerdings näher kommt, sie aber noch nicht völlig erreicht[2].

e. Als endliche Resultate scheinen mir folgende aus allen diesen Betrachtungen zur Erklärung der vorliegenden höchst verwickelten Erscheinungen hervorzugehen.

1. Die Wärme der Erde im Ganzen, mit Einschlufs ihrer Atmosphäre, ist als eine ihr eigenthümliche anzusehen, welche ihr wahrscheinlich aus einer früheren Epoche ihrer ursprünglichen Bildung geblieben ist, und deren erste Ursache hier nicht weiter zur Untersuchung kommen kann. Sie hat sich durch verschiedene theils bekannte theils unbekannte Ursachen in dasjenige Gleichgewicht gesetzt, welches wir gegenwärtig als mittlere Temperatur vom Aequator an bis zu den Polen hin mehr oder minder genau aus der Erfahrung kennen, und wird in diesem stabilen Zustande bleiben, entweder weil ein so grofser Körper nur unmerklich erkaltet oder, was mir ungleich wahrscheinlicher dünkt, weil auch die Wärme der Erde vermöge der Gesetze der Anziehung diesen Planeten als eigenthümlich zugehörige Calorisphäre nicht verlassen, und nicht im leeren

---

1 Ann. de Chim. LXXXV. 72 u. 113.

2 Es ist Th. II. S. 302 schon gezeigt, dafs diese Formel auch für Dampf zu hohe Werthe der durch Compression frei werdenden Wärme giebt.

Raume, wo es keine Anziehung zu ihr giebt, sich zerstreuen kann.

2. Die Sonnenstrahlen sind das wirksame Agens, wodurch die Wärme stets aufs Neue hervorgerufen wird. Die Aetiologie dieses Processes kann zwar erst unter dem Artikel *Wärme* genauer erörtert werden, indefs ist es nicht überflüssig, hier vorläufig zu bemerken, dafs mir die Sache mehr eine *Aufregung* als eine eigentliche *Production* von Wärme zu seyn scheint. Hiernach wäre es denn leichter erklärlich, dafs sich die gröfsere Wärme allmälig unter dem Aequator aufgehäuft hat, wo diese Aufregung anhaltender und stärker statt findet. Es folgt dann aus dieser Ansicht nothwendig, dafs beim Aufhören der excitirenden Ursache die erregte Wärme sofort durch die Erde wieder gebunden wird, woraus manche gemeine Erscheinungen erklärlich werden. Man leitet meistens die Erkältung, welche bei der Abhaltung der Sonnenstrahlen eintritt, aus einer Strahlung der Wärme ab; allein wenn man an einem heiteren heifsen Sommertage ein Thermometer auf schwarzes Erdreich in die Strahlen der Sonne legt, so steigt es leicht 10° R. und mehr über die Temperatur im Schatten, und giebt man ihm dann durch ein hinlänglich grofses darüber gehaltenes Bret Schatten, so sinkt es sofort um 5° R. und darüber. Hierbei läfst sich bei umgebenden heifseren Luftschichten nicht füglich an eine Strahlung denken.

3. Aufser den Winden, welche schon oben als bekannte, die regelmäfsige Erwärmung störende Luftbewegungen angegeben sind, steigen die über der Erdoberfläche erwärmten Luftschichten auf, werden hierdurch expandirt und kälter, jedoch ist ihre dann bleibende Temperatur etwas gröfser, als die ihrer Ausdehnung proportionale seyn würde, theils weil die Temperatur nach oben schneller abnimmt, als nach der Wärmebindung durch Expansion erfolgen müfste, oder, falls diese Differenz gar nicht statt finden oder nur unbedeutend seyn sollte, weil die über der Erde erwärmten Luftschichten bedeutend erhitzt und durch Wärme ausgedehnt sind. Das Aufsteigen dieser wärmeren Luftschichten geschieht aber in der Luft selbst nach bekannten Gesetzen nur langsam, und ist bei weitem am stärksten und anhaltendsten, auch erreichen diese Luftschichten die gröfsten Höhen, wenn anhaltender Sonnenschein die Erde trifft, weswegen nach anhaltend windstillen und heifsen Tagen warme,

mit vielem Wasserdampf beladene Luftschichten unglaubliche Höhen erreichen, und die Bildung der Gewitter und Hagelschauer bedingen. Im Allgemeinen aber wird hierdurch zunächst um die Erde eine Sphäre verhältnifsmäfsig wärmerer Luftschichten gebildet, so dafs von der Erdoberfläche an gerechnet anfangs gröfsere Höhen für gleiche Unterschiede der Temperatur erfordert werden als bei bedeutenderen Erhebungen. Sobald im Gegentheil die erregenden Sonnenstrahlen zu wirken aufhören, erkaltet der Erdboden, selbst wenn bei völlig bewölktem Himmel keine sogenannte Strahlung nach dem kosmischen Raume hin statt findet, die zunächst berührenden Luftschichten werden kälter, verlieren an Elasticität, und die ganze Luftsäule sinkt tiefer herab. Hierbei ereignet es sich dann sehr häufig, dafs zwischen zwei kälteren Luftschichten eine wärmere schweben bleibt, wie man im Sommer beim Herabsteigen von einem hohen Berge am Abend oft und leicht wahrnimmt. Im Allgemeinen sinken aber die oberen kälteren Lufttheilchen, insbesondere bei ruhiger Atmosphäre herab, und weil diese aus höheren Regionen kommend durch die Verdichtung beim Herabsinken *weniger* Wärme frei machen, als die unteren besitzen, indem nicht blofs die *Wärmebindung* der aufsteigenden Lufttheilchen durch Expansion *geringer* ist, als die, welche dem Dichtigkeitszustande der Höhen proportional gesetzt werden mufs, sondern im umgekehrten Falle auch die *Wärmeentbindung* der herabsinkenden durch Compression, so erzeugen diese die empfindliche Kälte der Nacht, nach Gewittern u. s. w. Endlich ist auch die Erregung der Wärme der Erdoberfläche und die Erwärmung der zunächst berührenden Luftschicht so viel stärker, je weniger Wärme auf Dampfbildung verwandt wird, oder je trockner der Boden ist; ehendaher aber ist ebendaselbst in Gemäfsheit einer blofsen Umkehrung dieses Processes die nächtliche Kälte desto empfindlicher. Dieses zeigt sich vorzugsweise in den Ebenen Asiens nach den Beobachtungen Elphinstone's und anderer Reisender.

4. Weil die Abnahme der Temperatur bei zunehmenden Höhen in Gemäfsheit der unaufhörlichen Luftströmungen und der hierdurch bedingten Mischungen der einzelnen Massen und Schichten der atmosphärischen Luft hauptsächlich, wo nicht ausschliefslich durch die Bindung und Entbindung der Wärme in Folge ihrer Expansion oder Compression bedingt wird, so

mufs im Allgemeinen die Abnahme der Temperatur eine geometrische Reihe bilden, weil sie den Dichtigkeiten proportional ist. Inzwischen bewirken eben die unter vielfachen Bedingungen und kaum zu übersehenden Modificationen aufsteigenden Luftschichten, und deren hiernach vielfach wechselnde Temperatur, dafs sich dieses Gesetz überall durch die Erfahrung nicht auffinden läfst, weswegen auch verschiedene Gelehrte eine harmonische oder eine arithmetische, oder eine zwischen einer geometrischen und arithmetischen liegende Progression anzunehmen geneigt gewesen sind.

5. Die Ursache endlich, weswegen die Bergspitzen so kalt sind, selbst kälter als die Luft in gleichen Höhen, wie auf allen Fall aus Gay-Lüssac's Beobachtungen[1] und auch aus Sacharow's und Beaufoy's minder genauen Messungen hervorgeht, diese ist allerdings schwer aufzufinden. Diejenigen Gründe, welche man gewöhnlich zur Erklärung dieser Erscheinung anführt, habe ich oben angegeben, und zugleich meine Zweifel dagegen geäufsert, welche unter der Voraussetzung, dafs die Wärmeentwickelung durch die Sonnenstrahlen dort bedeutend stark und die Temperatur der umgebenden Luftschichten höher ist als ihre eigene, zu nahe liegen, als dafs ich sie nochmals wiederholen sollte.

6. Wenn es diesemnach als ausgemacht anzusehen ist, dafs die Bergspitzen kälter sind, als die freie Luft in gleicher Höhe, ausgedehnte Hochebenen dagegen bedeutend wärmer wenigstens als die Spitzen der Berge, und dafs sich für das erstere Phänomen um so weniger ein genügender Grund angeben läfst, als aus der Anwendung der bekannten Naturgesetze gerade das Gegentheil folgen müfste, so wird es erlaubt seyn, eine Hypothese einzuführen, welche mir noch aufserdem verschiedene andere, zur Physik der Erde gehörige Schwierigkeiten zu beseitigen geeignet scheint. Ich denke mir nämlich die Erde als einen mit einer eigenthümlichen Wärmeatmosphäre begabten Körper, oder mit andern Worten, die ursprünglich heifse Erde ist durch Be-

---

1 Vergl. Prechtl bei G. LXXVI. 265. Gay-Lüssac fand die Temperatur 0 erst in einer Höhe von 2889 T. über Paris oder in 2909 T. über dem Meere, obgleich diese Höhe die Schneegrenze der Pariser Breite weit und die Spitze des Montblanc um 468,3 T. übertrifft.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

dingungen, deren Erörterung als blofs hypothetisch nicht hierher gehört, bis auf den gegenwärtigen Grad ihrer Temperatur erkaltet, und mufs in ihrem jetzigen Zustande der Wärme verharren, weil keine Bedingungen ihres weiteren Erkaltens vorhanden sind. Indem nämlich eine erhitzte Kugel so viel langsamer erkaltet, je weniger leitend das sie umgebende Medium ist, so mufs die Erde, welche im absolut leeren Raume schwebt, gar nicht erkalten. Bei jedem erwärmten, mit Hervorragungen und Spitzen versehenen Körper verlieren aber die letzteren die Wärme am schnellsten, weil ihre Anziehung gegen dieselbe am geringsten ist, und so mufs also die nach gleichen Gesetzen an die Erde gebundene Calorisphäre an den Bergspitzen die geringste Intensität haben. Hiernach nimmt also die Temperatur bei zunehmender Höhe über flachen Ebenen am langsamsten, über ausgedehnten Bergebenen, so fern sie gegen die Masse der Erde nur gröfsere Hervorragungen, gleichsam stumpfere Spitzen sind, schneller[1], auf Bergspitzen dagegen am schnellsten ab, und letztere können auch durch mancherlei günstige Bedingun-

1 Dieser Satz kann nicht blofs zweifelhaft scheinen, sondern man könnte auch in den oben E. a. 1 u. 2. mitgetheilten Beobachtungen v. Humboldt's eine directe Widerlegung desselben finden, indem die dort für 1° C. Temperaturdifferenz angegebenen Höhen gröfser sind, als die von Gay-Lüssac gefundenen. Obgleich dieses richtig ist, so fand doch eben so unzweifelhaft der kühne Aëronaut 0° der Temperatur erst in 17454 P. F. Höhe, mithin über 2000 F. höher als die Schneegrenze unter der Linie. Dafs durch die anhaltende hohe Temperatur der mittleren Breiten die warmen Luftschichten bedeutend in die Höhe gehoben werden können, ist allerdings richtig, allein der angegebene Unterschied ist zu bedeutend, als dafs er hieraus erklärt werden könnte. Ein allerdings unverkennbarer Grund, aus welchem eine gröfsere Erkaltung der Bergspitzen gefolgert werden kann, ist der Schnee, welcher im Winter auf denselben fällt, und die Einwirkung der Sommerwärme mindestens eine Zeit lang hemmt. Allein hiergegen kann man wieder fragen, warum unter dem Aequator, wo es keinen eigentlichen Winter giebt, die Schneegrenze nicht höher hinaufgerückt ist, und warum auf Bergspitzen, welche die Schneegrenze nicht erreichen, und obendrein aus nackten Felsen bestehen, von denen der Schnee alsobald herabgleitet, die Temperatur nicht höher gefunden wird? Im Ganzen mufs man zu der Ueberzeugung gelangen, dafs die Schwierigkeiten der Erklärung sich mehren, je mehr man die einzelnen Phänomene zu vereinigen sich bemühet, und jene werden nicht eher beseitigt werden, bis wiederholte Luftfahrten genauere Thatsachen darbieten.

gen der Erwärmung nicht bleibend auf einer höheren Temperatur erhalten werden, weil die Calorisphäre der Erde sich mit der letzteren als ebenes Sphäroid gedacht stets in einem gewissen Gleichgewichte erhält. Ob endlich diese Colorisphäre gewissen Schwankungen ausgesetzt seyn mag, woraus manche räthselhafte Wechsel der Wärme und Kälte verschiedener Gegenden in einzelnen Jahren erklärt werden könnten, mufs vor der Hand noch unentschieden bleiben.

VI. Bestandtheile der Erde.

Ein eigenthümlicher und ausgedehnter Theil der Naturwissenschaften im Allgemeinen, die *Geognosie*, beschäftigt sich mit der Untersuchung der Bestandtheile unsers Erdkörpers. Diesem mufs das Ausführliche überlassen bleiben, und hier darf nur das Allgemeinste kurz berührt werden.

A. Erdkern.

Woraus der eigentliche Kern unserer Erde bestehe, wird wohl dem menschlichen Forschungsgeiste stets verborgen bleiben. Eine bei verschiedenen Geognosten gangbare Meinung, der Erdkern bestehe aus Granit, läfst sich nicht sowohl aus dem gröfseren spec. Gewichte der Erde, als die des Granit's ist, widerlegen, indem der Druck gegen die unteren Schichten bisher noch nicht bestimmt werden konnte[1], wohl aber findet sie eine Widerlegung in der Erscheinung, dafs basaltische Laven verschiedene Granitgebirge von unten her durchbrochen, und sich über und um dieselben gelagert haben, welche doch nach aller Wahrscheinlichkeit unter dem Granite befindlich seyn mufsten. Einige Geognosten, z. B. Breislak[2] finden es wahrscheinlich, dafs der Erdkern aus Magneteisenstein bestehe. Diese Hypothese scheint im tellurischen Magnetismus eine Unterstützung zu finden, welchen viele Physiker, z. B. L. Euler[3], T. Mayer[4],

---

1 Vergl. oben Nr. IV. *Dichtigkeit der Erde.*

2 Institutions géologiques par Scipion Breislak cet. Milan. 1818. III vol. 8. I. 55.

3 Mém. de Berl. 1757 u. 1766.

4 Nach J. T. Mayer Naturl. §. 610. Vergl. Gott. Gel. Anz. 1762. p. 377. Mollweide bei G. XXIX. 1. ff.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

insbesondere aber v. Humboldt, Biot[1] und Hansteen[2] von einem oder mehreren Magneten im Inneren der Erde abzuleiten geneigt sind, desgleichen im spec. Gewichte dieses Körpers, welches Breislak im Mittel = 7 setzt, wonach es also vom mittleren der Erde = 5 nicht viel abweicht. Dafs sich diese Hypothese gut darstellen, auch mit den grofsen Massen gefundener Magneteisensteines, desgleichen mit der mittleren Dichtigkeit der Erde in Einklang bringen lasse, wenn man eine äufsere Rinde von grofser Mächtigkeit und aus leichterem Gesteine bestehend annimmt, ist augenfällig; im Ganzen aber kann sie keinen grofsen Beifall finden. Zuvörderst ist es sehr zweifelhaft, ob sich die täglichen und jährlichen Variationen des Magnetismus mit der Annahme eines magnetischen Kernes in ihrem Innern in Einklang bringen lassen, wie mit Grunde bezweifelt wird[3]. Zudem zeigt sich der Magneteisenstein nicht magnetisch, so lange er im Innern der Erde ist, sondern nimmt diese Eigenschaft erst an, wenn er an die äufsere Atmosphäre kommt[4], auch zeigen solche mächtige unterirdische Lagen keine merkliche Anziehung auf die Magnetnadel, ja der tellurische Magnetismus müfste überhaupt ungleich stärker seyn, als er sich äufsert, wenn der ganze Erdkern, oder nach der Angabe des spec. Gewichtes, das des Magneteisensteines = 7 und das der übrigen Bestandtheile, (die Menge des Wassers und der leichteren Substanzen hoch angeschlagen) = 2, das mittlere aber = 5 gesetzt, $\frac{3}{5}$ der ganzen Erde einen natürlichen bipolaren Magnet bildete. Ferner aber läfst uns diese Hypothese noch über einen sehr grofsen Theil der Erde in Ungewifsheit. Beständen nämlich $\frac{3}{5}$ des ganzen Erdkörpers aus Magneteisenstein, so würde dieser eine Kugel von 810 geog. Meilen Halbmesser bilden, die Rinde aber bis zur Tiefe von 150 Meilen aus andern unbekannten Stoffen bestehen, von denen wir nur sehr wenige kennen, welche die

---

1 Traité cet. III. chap. X. p. 127. ff.

2 Untersuchungen über den Magnetismus d. Erde u. s. w. Christiania 1819. 4.

3 S. Th. I. S. 146.

4 S. v. Leonhard Handbuch der Oryktognosie. Heidelberg 1821. S. 86.

äufsere Kruste bilden. Dafs einzelne, bis zur Erdoberfläche ragende Lagerungen von Magneteisenstein Fortsetzungen des Kernes aus einer solchen Tiefe seyn sollten, ist ohnehin eine unnatürliche Voraussetzung.

Der angegebenen Hypothese sehr nahe kommend ist diejenige, wonach die Erde im Allgemeinen aus Meteorsteinmasse und Meteoreisen bestehen soll. Zu dieser müssen sich alle diejenigen bekennen, welche nach dem Vorgange der Gebrüder Marschall von Bieberstein und v. Zach's die Erde als ein allmälig entstandenes Conglomerat von Meteorolithen ansehen[1]. Unleugbar läfst sich diese Hypothese mehr als jede andere ausschmücken. Sie wird sehr unterstützt durch die zahlreichen Meteorsteinfälle, welche die geschichtliche Untersuchung nachweiset[2], wonach diese Substanzen gleichsam dem Weltraume anzugehören scheinen, wie die Sonne mit ihren Planeten selbst. Wollte man ferner nach überwiegenden Gründen annehmen, dafs diese schon im planetarischen Raume leuchtenden Massen an sich glühend sind, so käme hiermit die neuerdings sehr wahrscheinlich gemachte Hypothese einer noch jetzt existirenden höheren Temperatur des Erdkerns in Einklang[3]. Das mittlere spec. Gewicht der Erde liefse sich mit dem der Meteorolithen gleichfalls leicht in Uebereinstimmung bringen, denn obgleich das der eigentlichen Steinmassen nur 3,5 beträgt, und selten auf 4,28 steigt, so mufs man dagegen die grofse Menge des gleichfalls herabfallenden gediegenen Eisens in Anschlag bringen, dessen spec. Gew. im Mittel 7,6 beträgt[4], und woraus also nur $\frac{14}{34}$ mithin nicht völlig $\frac{1}{3}$ der Erde bestände. Aufserdem hat es allerdings etwas Auffallendes, dafs der Olivin sich auf gleiche Weise in dem höchst wahrscheinlich aus der Erdmasse emporgequollenen Basalte findet, als in den Meteorsteinen, und dafs überhaupt die Bestandtheile der letzteren manchen Doleriten sehr ähnlich sind[5]. Wenn aber manche Sub-

---

1 Vergl. *Geologie.*

2 Vergl. *Meteorsteine.*

3 S. oben V. A.

4 Handbuch der Oryktognosie von K. C. v. Leonhard. 2te Aufl. Heid. 1826. S. 713.

5 S. G. Rose in Pogg. Ann. IV. 173.

stanzen, welche die Oryktognosie liefert, als Gold, Silber, Zinn u. s. w. in den bisher untersuchten Meteorolithen noch nicht aufgefunden sind, so mufs man dagegen berücksichtigen, wie gering der Antheil dieser Stoffe im Verhältnifs zur Gesammtmasse der Erde ist. Man dürfte dann ferner nur annehmen, dafs blofs aus der oberen Kruste der Erde die schwereren Bestandtheile sich allmälig niedergesenkt hätten, um ihr das geringere spec. Gew. derjenigen Steinarten zu geben, welche gegenwärtig die Erdrinde bilden, auch läfst sich selbst die grofse Menge des überall verbreiteten Eisens, welches einen so wesentlichen Bestandtheil der Meteorsteine ausmacht, zur Unterstützung dieser Hypothese anführen, welche jedoch vor der Hand noch nicht über die Grenzen einer blofsen Hypothese ausgedehnt werden darf.

Zunächst nur als ein Spiel der Phantasie und um die Folgerungen anschaulich zu machen, auf welche die Annahme einer allgemeinen Zulässigkeit des mariotteschen Gesetzes führt, läfst sich endlich die Hypothese betrachten, wonach der Kern der Erde aus atmosphärischer Luft bestehen soll. Franklin[1] hat dieselbe aufgestellt, und Chladni[2] später sie auszuschmücken gesucht. Es läfst sich allerdings leicht darthun, dafs die Luft unter der Voraussetzung einer nach dem Centro der Erde auf gleiche Weise zunehmenden Dichtigkeit, als diese aus einer gegebenen Höhe bis zur Oberfläche der Erde wirklich statt findet, sehr bald die dichtesten Körper an spec. Gew. übertreffen müfste. Aus der Anwendung der bekannten Formel von de Lüc für die barometrischen Höhenmessungen, wonach die Höhe $x = 10000^t \log. \frac{H}{h}$ ist, und welche für diesen Zweck mit Weglassung der Correctionen völlig genügt, wenn ferner nur in genäherten Werthen die Dichtigkeit der Luft an der Erdoberfläche $d = \frac{h}{28\,Z.}$ als Einheit angenommen, das Verhältnifs des Wassers zur Luft aber $= 800 : 1$ und des Platin's zum Wasser $= 20 : 1$, die geographische Meile aber $= 3807$ Tois. gesetzt wird, also aus $\frac{10000}{3807} \log. 800$ und $\frac{10000}{3807} \log. 16000$ findet man nämlich, dafs die Luft in einer Tiefe von 7,6 Meil. schon

1 Transact. of the Soc. of Philadelphia. T. III. 1793.
2 G. LXII. 72.

dichter als das Wasser, in 11,1 Meil. aber schon dichter als selbst das Platin seyn müfste. Es läfst sich daher aus der geringen Dichtigkeit der Luft allerdings kein Einwurf gegen die Zulässigkeit dieser Hypothese hernehmen; allein im Ganzen ist dieselbe doch ganz unhaltbar. Um die Sache überhaupt vorstellbar zu machen, müfste man nämlich annehmen, dafs diese innere Luftkugel irgend einmal durch eine unbekannte und wahrhaft unbegreifliche Ursache in ihre feste Hülle eingeschlossen worden wäre, da die Voraussetzung, die Erde habe sich rund gestaltet, in ihrer Mitte aber eine Oeffnung gelassen, in welche die Luft nachher eingedrungen sey, doch keine eigentliche Widerlegung verdient. Den nämlichen Gesetzen der Schwere und des Druckes aber, denen die Luft der Voraussetzung nach unterliegen müfste, würden auch das Wasser und die sonstigen festen Substanzen unterworfen seyn, und die Säulen derselben von so ungeheurer Länge müfsten nothwendig die Luft aus ihrer Stelle treiben, so dafs die verschiedenen Stoffe sich statisch über einander lagerten, abgerechnet dafs die Luft, wenn sie dichter als das Wasser würde, unmöglich ihre expansibele Form beibehalten könnte. Halley's Hypothese endlich[1], wonach die äufsere Erdrinde eine hohle Kugel bildet, in deren innerem Raume eine andere massive Kugel bewegt, der Zwischenraum aber durch dasjenige Licht erhellet wird, welches aus den Polen entweichend sich als Nordlicht zeigt, verdient blofs des berühmten Erfinders wegen eine historische Erwähnung.

Aus diesen Untersuchungen ergiebt sich, dafs wir von der genauen Kenntnifs der eigentlichen Erdmasse noch weit entfernt sind, und selbst noch nicht einmal ein Mittel kennen, nähere Aufklärung über diesen Gegenstand zu erlangen.

B. Erdkruste.

Wenn man von der Beschaffenheit der Erdkruste und den Bestandtheilen redet, welche dieselbe bilden, so stöfst man sogleich auf eine höchst schwierige Aufgabe, nämlich die Tiefe, bis zu welcher man diese Kruste annehmen darf. Bei einem Halbmesser von 860 geographischen Meilen können die äufseren Schichtungen bis zu 10 oder 100, ja selbst 300 Meilen noch zur äufseren Rinde gezählt werden, und bei gänzlicher Unbe-

1 Phil. Trans. No. 195. p. 563.

stimmtheit dieser Gröfse läfst sich nichts Gewisses hierüber festsetzen. Wegen gänzlichen Mangels aller Kenntnifs des Erdkernes und der Bestandtheile unserer Erde in gröfseren Tiefen bleibt es daher am besten, alles dasjenige zur äufseren Rinde zu rechnen, wovon wir wenigstens einige Kenntnifs haben. Der tiefste Punct, bis wohin diese reicht, sind die Herde der Vulcane, deren genaue Tiefe uns zwar unbekannt ist; indefs ergeben die auf gewichtige Wahrscheinlichkeitsgründe gebaueten Schlüsse doch zur Genüge, dafs sie bis einige Meilen tief unter der Erdoberfläche liegen[1]. Die Substanzen, welche aus diesen zur Oberfläche der Erde gelangen, die Laven und sonstigen vulcanischen Producte, weichen zwar in ihren Bestandtheilen, wenigstens die letzteren, zuweilen von einander ab, im Ganzen aber zeigen sie eine so genaue Uebereinstimmung, dafs wir hiernach aus den zu ihrer Bildung erforderlichen Stoffen auf die Beschaffenheit der Erdkruste in diesen Tiefen zu schliefsen berechtigt sind[2].

Aufser diesen wenigen Spuren, welche zu einer Kenntnifs der Bestandtheile der Erdkruste führen, sind uns nur diejenigen Substanzen genauer, und durch die neuesten fleifsigen Forschungen der Geognosten genau bekannt, welche höher liegen, als die durch den Spiegel des Meeres gegebene feste Grenze. Verschiedene Schachte der Bergwerke gehen nämlich zu einer bedeutenden Tiefe herab, z. B. zu *Kitzpühl* in Tyrol bis 1000 Meters, ohne jedoch die Meeresfläche zu erreichen, unter dieselbe aber gelangt man nur selten, z. B. in den Kohlenminen zu *Whitehaven* im Cumberland, und D'Aubuisson[3] glaubt in der Tiefe von 300 Meters unter dem Meeresspiegel, bis zu welcher er in den Minen von *Anzin* bei *Valenciennes* gelangte, die gröfste Tiefe, bis zu welcher man kommen kann, erreicht zu haben. Gröfsere Tiefen sind den Menschen unzugänglich wegen des starken Andranges des Wassers, welches sich überall im Niveau des Meeres findet, wenn es nicht in seltenen Aus-

1 S. *Vulcane*.

2 Dieser Gegenstand kann erst im Artikel *Vulcane* zur näheren Untersuchung kommen. Die Basalte werden hier vorläufig zu den vulcanischen Producten gezählt, wozu überwiegende Gründe vorhanden sind.

3 Traité de Géog. I. 378.

nahmen durch eine feste Thonschicht oder dicht gefügte Felsmassen am Zudringen gehindert wird. Es läfst sich daher auch nicht mit Gewifsheit ausmitteln, ob die äufsere Erdrinde überall aus einer gleichmäfsigen Reihenfolge von Schichtungen derselben oder ähnlicher Art besteht, welche dann an den höheren Orten als höher gehoben, an den tieferen niedriger liegend anzusehen wären, und eben weil wir an den letzteren Orten die Lagerungen zu verfolgen nicht vermögen, kann die Frage nicht beantwortet werden. Ihre Annahme würde voraussetzen, dafs in gehöriger Tiefe überall Granit, oder wahrscheinlicher Gneis, als die am tiefsten liegende Gebirgsart, gefunden werden müfste, mithin dafs diese auch das eigentliche, mit verschiedenen andern Gebirgsarten überzogene Becken des Meeres ausmachte. Als Thatsache können wir es indefs annehmen, dafs an den verschiedenen Orten sowohl an Zahl als auch an Mächtigkeit verschiedene Schichtungen von Gebirgsarten über einander gelagert sind, welche von dem lockeren Sande, der Dammerde und überhaupt von den leichteren zu den schwereren, dichteren und vollkommener krystallinischen mit der Tiefe zunehmen, und mit Granit oder einer verwandten Gebirgsart endigen, wenn die letztere anders erreichbar ist. Oft fehlen indefs mehr oder weniger, nicht selten alle andere Steinarten, und der Granit bildet unmittelbar die oberste Lage. Der Basalt und verwandte, für vulcanisch gehaltene Felsarten machen eine Ausnahme, und verdienen eine besondere Untersuchung.

Die äufsere Gestalt der Erdoberfläche steht in keinem bestimmten Verhältnisse zu der Art und Reihenfolge der Lagerungen der Gebirgsarten, obgleich geübte Geognosten die oben aufliegenden, namentlich die Gebirge bildenden Felsarten aus der ersteren zu erkennen vermögen[1]. Zuweilen liegen die einzelnen Erd- und Steinlagen in parallelen Schichten über einander, wie dieses namentlich in einer Gegend bei Paris der Fall Fig. 182. ist, und aus der Zeichnung erkannt werden kann. Als merkwürdiger Umstand verdient hierbei noch angeführt zu werden, dafs in den einzelnen wechselnden Schichten bald Ueberbleibsel aus süfsem Wasser, bald versteinerte Seethiere vorkommen, woraus man nothwendig schliefsen mufs, dafs diese Gegenden

1 v. Leonhard Charakteristik der Felsarten. Heid. 1823 u. 24. III Vol. 8. I. 35.

zu verschiedenen Malen mit Seewasser bedeckt waren, ohne dafs noch bis jetzt eine geologische Hypothese diese Erscheinung zu erklären vermochte [1]. Aehnliche wechselnde Formationen fand unter andern Webster unweit London und im südlichen Theile von England [2]. In sehr vielen andern Fällen, vorzüglich bei flacher liegenden Bergen und Thälern bilden die einzelnen Schichtungen muldenförmige Vertiefungen und gewölbte Erhebungeu, wobei die einzelnen Lagerungen in sofern nicht genau parallel laufen, als sie an Mächtigkeit bald zu, bald abnehmen und ganz verschwinden. Die Zeichnung versinnlicht diese Fig. 183. häufig vorkommende Erscheinung durch die Darstellung des verticalen Durchschnittes der Gegend zwischen Meziéres und Gueret. Uebrigens zeigt sich diese Erscheinung bei allen bekannten Felsarten mit der Beschränkung, dafs die Urgebirgsarten zwar gleichfalls solche Wölbungen darbieten, jedoch nicht bis auf ihre Unterlage verfolgt werden können, wie die jüngeren Felsarten. Der Anblick solcher Erhebungen hat auf die Idee geführt, dafs die Gebirge durch vulcanische Kräfte von unten herauf gehoben seyn mögten, welcher Hypothese man beipflichten mufs, wenn man nicht annehmen will, dafs der Erdkörper ursprünglich eine unebene Oberfläche hatte, über welche die späteren Schichtungen sich lagerten, und zwar insbesondere diejenigen, welche aus der Zersetzung nnd Zertrümmerung der ältesten Gebirgsarten gebildet sind. Am häufigsten ist es, hauptsächlich bei älteren Felsarten der Fall, dafs die Schichtungen einen gewissen Winkel mit dem Horizonte bilden. Man nennt dieses das *Fallen* derselben, und findet hierbei durch weite Strecken einen wunderbar gleichförmigen Parallelismus der einzelnen Schichtungen, Fig. 184. wovon die Durchschnittszeichnung der Gegend zwischen *Snowdon* und *London* ein instructives Beispiel liefert. Dafs übrigens dieses Fallen überall auf der Erde gleich, oder gar aus einer Veränderung der Erdaxe erklärlich seyn sollte, widerstreitet nicht blofs der Erfahrung, sondern Letzteres auch den Gesetzen der Gravitation. Aufser dem Fallen kommt bei den Felsarten insbesondere noch ihr *Streichen* in Betrachtung, worunter man die Längenerstreckung nach einer gewissen Weltgegend, oder den Win-

1 Cuvier et Brogniard essay sur la géographie minérale des Environs de Paris. cet. Par. 1811. 8. Vergl. G. XLV. 229.

2 Trans. of the Geol. Soc. Lond. 1814. Vol. II.

kel versteht, welchen dieselben mit dem Meridiane bilden. Man mifst denselben gewöhnlich mit dem bergmännischen Compafs, welcher den Horizont in 2mal 12 Stunden theilt und im magnetischen Meridiane mit der Nordspitze in 0 hor. oder 12 hor. anfängt. Vorzugsweise hat sich v. Humboldt mit der Untersuchung der Richtungslinie des Streichens der Felsarten beschäftigt, weil seine früheren Untersuchungen hauptsächlich in Deutschland und Italien ihn zu der Hypothese führten, jene Richtungslinie sey überall dieselbe, und laufe in hor. 3 bis 4. Spätere ausgebreitete Erfahrungen, hauptsächlich im neuen Continente, haben ihn jedoch zu der Ueberzeugung gebracht, dafs in keiner Erdhälfte eine allgemeine und unbedingte Gleichförmigkeit des Streichens herrscht, dafs aber allerdings in ausgedehnten Strecken von einigen Tausend Quadratmeilen ungeachtet vieler Unterbrechungen der nämliche Typus hervortritt[1].

Unter die allgemeinen Bezeichnungen der Felsarten gehört endlich noch ihre Structur[2]. In dieser Hinsicht unterscheidet man zuerst die *Stratificirungen*, welche die sogenannten stratificirten Gebirge bilden. Sie bestehen aus einzelnen, nahe parallelen Schichtungen, die ehemals sogenannten *strata super strata*, bei welchen vor allen Dingen das erwähnte Streichen und Fallen in Betrachtung kommt, nebst ihrer Stärke (Mächtigkeit) und den Veränderungen, welche diese zeigen. Hierzu gehören vorzüglich die secundären Gebirgsarten, als Kalk, Sandstein, Schieferthon, Steinkohlen u. s. w. und von den älteren Gebirgsarten der Gneis, Glimmerschiefer, Thonschiefer u. s. w. Eine zweite Art der Structur ist die prismatische, indem manche Felsarten als rectanguläre Massen, rhomboidale Platten und Säulen von verschiedenen Grundflächen erscheinen. Hierhin gehören vorzüglich die Basalte, Trachyte, manche Sandsteine u. s. w. Endlich ist die Structur sphäroidisch vom irregulär abgerundeten Körper bis zum vollkommenern Sphäroid, wie bei Dioriten, Basalten u. s. w.

Wenn man bei der Untersuchung der Bestandtheile der Erdkruste von einer systematischen Anordnung und genauen Be-

---

1 Geognostischer Versuch über die Lagerung der Gebirgsarten in beiden Erdhälften. Von A. v. Humboldt. Deutsch durch v. Leonhard. Strafsb. 1823. 8. S. 60. Vergl. Voy. X. 242.

2 S. D'Aubuisson Traité de Géognosie. I. 319.

schreibung der verschiedenen Felsarten abstrahirt[1], und dieselben nur aus dem Standpuncte des Physikers betrachtet, um eine allgemeine Uebersicht der Beschaffenheit unseres Erdballes zu geben, zugleich auch die Bildung und allmälige Veränderung der Erde dabei berücksichtigt, so wird folgende Darstellung für diesen Zweck genügen[2]. Man unterscheidet nämlich

1. *Urgebirgsarten*, oder solche Gebilde, welche ungleich früher als andere entstanden zu seyn scheinen, und sich im Allgemeinen durch das Starre, Unbelebte und gleichsam Rohe ihrer Massen unterscheiden, im Ganzen auch am tiefsten gelagert sind, und in vielen Gegenden die höchsten Hervorragungen und zackigsten Bergspitzen bilden. Zu ihnen gehört

a. Der *Granit*, eine aus krystallisirtem Feldspath, Quarz und Glimmer gemengte Gebirgsart von körnig-krystallinischem Gefüge, mit vielen stellvertretenden oder beigemengten Theilen. Er erscheint meistens in unförmlichen rohen Massen, zackigen Felsenspitzen, Säulen und durch Zerklüftungen entstandenen mächtigen Lagen und Bänken. Nur selten und nicht eben weit verbreitet zeigen sich Schichtungen desselben. Die ältere Meinung, dafs der Granit ganz allgemein die unterste Gebirgsart sey, ist durch neuere Untersuchungen nicht bestätigt, indem man ihn vielmehr zuweilen auch über Gneis, Glimmerschiefer, Porphyr, Thonschiefer gelagert, mit denselben wechselnd und von ihnen, wie auch von einigen andern Gesteinen durchzogen findet[3]. Er verwittert sehr ungleich, mancher schwer, anderer

---

1 Ich kann dieses hier um so mehr übergehen, als dieser Gegenstand neuerdings in einem classischen Werke: Charakteristik der Felsarten von K. C. v. Leonhard. Heid. 1823. III. Vol. 8. vollständig bearbeitet ist. Ein Auszug daraus würde immer nur mangelhaft, und doch hier zu weitläufig seyn.

2 Dabei folge ich hauptsächlich dem eben angezeigten Werke, desgleichen den früher angegebenen von v. Humboldt und von d'Aubuisson. Die Classification selbst ist entlehnt aus Voyage au Régions équinoxiales du nouveau Continent par A. de Humboldt et A. Bonpland. Tome X. Par. 1825. 8. p. 252.

3 Eine auffallende Lagerung der Gebirgsarten über einander zeigt sich nach L. v. Buch bei Christiania in Norwegen, wo sie von oben herab folgende ist: Zirkonsyenit, Granit, Porphyr, Sandstein, Kieselschiefer, dichter grauwackenähnlicher Thonschiefer, Thonschiefer und schwarzer Orthoceratiten-Kalkstein und endlich Granit. S. dessen Reisen I. 141. Gänge von Granit im Urthonschiefer findet man

sehr leicht, bildet zuerst einen grobkörnigen Grus und dann fruchtbares Erdreich.

Der *Topasfels*, aus Topas, Quarz und Turmalin von körnig-schiefrigem Gefüge gemengt, ist nur als eine Abart des Granites zu betrachten.

Sehr viele Aufmerksamkeit haben von jeher die sehr zahlreichen Granitblöcke[1] erregt, welche sich in allen Welttheilen weit von granitischen Bergen und an solchen Orten finden, dafs man nicht leicht begreift, wie sie an ihre gegenwärtige Lagerstätte gekommen sind. Sehr viele derselben findet man in den niedersächsischen Ebenen und überhaupt an der Küste des Baltischen Meeres bis nach Twer hin, auch gehört dazu der ungeheure Block, welcher im Finnischen Meerbusen gefunden zur Grundlage der Statüe Peters des Grofsen in Petersburg benutzt wurde. Sie sollen nach Hausmann und L. v. Buch ihrer Beschaffenheit nach den skandinavischen Graniten angehören[2]. In grofser Menge finden sie sich ferner am Jura und überhaupt in der Schweiz, liegen stets isolirt und nie in Puddingstein eingeschlossen, aber oft mit Dammerde bedeckt, von jeder Gröfse bis zu 50000 Cub. F. ohne dafs ein Verhältnifs zwischen ihrer Gröfse und der Höhe des Fundortes statt findet. Solche Geschiebe bestehen an vielen Orten nicht blofs aus Granit, sondern auch aus Gneis, Syenit, selbst aus secundären Gebirgsarten, liegen bis 4000 F. über der Meeresfläche, und sollen den hohen Bergspitzen in ihrer Nähe ähnlich seyn[3]. Nach L. v. Buch findet sich ein Block auf dem Berge Pierre-à-Bot bei Neufchatel, 800 F. über dem See, welcher 40 F. hoch, 50 F. lang und 20 F. breit ist, also doppelt so grofs als der im Finnischen Meerbusen gefundene[4]. Man findet sie ferner zahlreich in Frankreich, in China, in America[5]. Der gröfste bekannte Block ist der soge-

---

auf der schottischen Insel Arran. S. Necker de Saussüre Voy. en Écosse. II. 49.

1 Da die Untersuchung über diese räthselhaften Geschiebe auf eine unmittelbare Anwendung physikalischer und mechanischer Gesetze führt, so glaube ich sie nicht übergehen zu dürfen.

2 D'Aubuisson Traité de Géog. I. 232.

3 Escher in Neue Alpina I, 1.

4 Mém. de Berlin. 1817. Vergl. de la Metherie Théorie de la Terre Par. 1795. V Vol. 8. II. 223.

5 Untersuchungen über den Ursprung und die Ausbildung der

nannte Pearl-Diamond, 30 engl. Meilen vom Vorgebirge der guten Hoffnung, welcher 0,5 engl. Meilen im Umfange und 400 F. Höhe hat[1].

Ueber die Art, wie sie an den Ort ihrer jetzigen Lagerstätte gekommen sind, hat man verschiedene Hypothesen aufgestellt. Nach dem älteren DE LÜC[2] sollen sie durch gewaltsame Explosionen aus dem Innern der Erde, nach L. v. BUCH[3] durch Wurfkräfte von den vorhandenen Granitbergen (also die an der Küste des Baltischen Meeres von Skandinaviens Küsten) fortgeschleudert und umhergestreuet seyn. Aehnlich ist die Meinung J. A. DE LÜC's d. J., wonach sie an dem Orte ihrer jetzigen Lagerung durch Explosionen der Dämpfe als Bruchstücke der Erdrinde emporgeschleudert seyn sollen[4]. Allein nach den Gesetzen der Ballistik ist bei dem Widerstande der Luft eine solche Wurfkraft unmöglich. Nach v. SAUSSÜRE[5], WREDE[6], VENTURI[7] u. a. sind sie durch Hülfe des erleichternden Eises und der Holzmassen vermittelst der Gewalt der Gewässer an ihre jetzige Lagerstätte gekommen, welcher Meinung im Ganzen auch ESCHER[8] rücksichtlich der Blöcke auf dem Jura huldigt, indem er noch ferner aus dem Verhältnisse ihrer Lagerungen zu der Richtung der Thäler darzuthun sucht, wie sie durch die gewaltsamen Strömungen seitwärts geworfen seyn sollen. Dafs Wasserfluthen wo nicht stets, doch oft, beim Transporte dieser Blöcke behülflich waren, ist höchst wahrscheinlich, ob sie aber alle durch solche Strömungen von noch bekannten gleichartigen Gebirgen herabgeführt sind, wie ESCHER annimmt, dagegen entscheidet sehr die weite Entfernung ihrer

---

gegenwärtigen Anordnung des Weltgebäudes v. C. W. und E. F. L. MARSCHALL v. BIEBERSTEIN. Darmst. 1802. S. 81.

1 Phil. Trans. 1778. p. 102.

2 Lettres CXIII.

3 Mém. de Berlin 1817. Ann. Chim. et Ph. VII. 17. X. 241.

4 Ann. Chim. et Phys. VIII. 134. Vergl. Naturwissenschaftl. Anzeiger der Schweizergesellschaft. I. 8. G. LXI. 373.

5 Voy. §. 208—212.

6 Geologische Resultate aus Beobachtungen über einen Theil der südbaltischen Länder. Halle 1794. 8. S. 44 ff.

7 Memor. intorno ad alcuni fen. geol. Pavia 1817.

8 a. a. O. Vergl. Bibl. univ. XXI. 259. G. LXV. 113. HALL in Edinb. Phil. Tr. 1813.

jetzigen Lagerstätte, und das Zwischenliegen von Thälern und bedeutend hohen Bergen. Dolomieu nimmt daher an, die zwischenliegenden Thäler seyen früher ausgefüllt gewesen, so dafs sie auf der geneigten Ebene herabgleiten konnten. Nach den neuesten Ansichten der meisten Geognosten sind sie auf dem Eise schwimmend von fernen, hauptsächlich nördlichen, Gegenden an ihre jetzigen Fundorte gelangt, welche Hypothese dadurch unterstützt wird, dafs man grofse Massen dieser Art auf dem Treibeise der Polarmeere wirklich herumtreibend gesehen hat. Das letztere Factum ist zwar gewifs, allein die Hypothese erklärt nicht einmal den Transport der Blöcke an den Küsten des Baltischen Meeres. War nämlich der Spiegel des Meeres zur Zeit, als jene Steine bewegt wurden, nicht höher als jetzt, so ist die Sache unmöglich; war er aber höher, so konnte im offenen Meere das Polar- oder nördliche Treibeis nicht bis dorthin gelangen, indem zwar die Ostsee in seltenen Fällen gefriert, aber blofs als eingeschlossenes Meer. Denken wir uns dasselbe mit dem atlantischen Meere durch höheren Stand vereinigt, so konnte es eben so wenig gefrieren, als dieses, und das Treibeis, noch dazu in solchen Massen, als zum Transporte dieser Blöcke erforderlich seyn würden, gelangt bekanntlich nicht einmal bis zu den Schottländischen Inseln, viel weniger also bis nach Hannover, Potsdam, Wittenberg u. s. w. Dafs aber diese Hypothese nicht ausreiche, um das Vorkommen derselben auf dem Jura, in Frankreich, China oder gar in der Nähe des Vorgebirges der guten Hoffnung zu erklären, fällt ohne Weiteres von selbst in die Augen. Mir scheint daher noch immer d'Aubuisson's[1] Ansicht die genügendste zu seyn, wonach sie Bruchstücke zerstörter Granitberge in gröfserer oder geringerer Entfernung von ihrer gegenwärtigen Lagerstätte sind, welche, selbst verwittert, diese Ueberbleibsel zurückgelassen haben. Dafs sie bei einem früheren Wasserstande oder auch durch andere Fluthen, von deren Wirksamkeit noch sonstige mehrfache Spuren vorhanden sind, fortgestofsen, in manchen Fällen ganz eigentlich fortgeschwemmt seyn mögen, dafs sie

---

1 a. a. O. Vergl. Schweigg. J. XXV. 16. Hiermit im Einklange steht die eigenthümliche Lage der bekannten Granitblöcke in Cornwallis, und Mac-Cullochs Erklärung der Art, wie sie an ihren jetzigen Ort gekommen sind. S. Brewster's Journ. V. 46.

ferner mitunter durch Hülfe des anhaltenden Eises fortgeschoben, zuweilen selbst vom Wasser fortgetragen wurden, endlich durch den Andrang und Stofs der Wasserwellen, wie noch jetzt die grofsen Granitfelsen an den skandinavischen und brittischen Küsten, gehoben, auch wohl fortgestofsen, mit Sande unterlagert und oft über denselben hingerollt wurden, wodurch zuletzt die Spuren ihres Ursprunges gänzlich verloren gingen, wird durch diese Hypothese keineswegs ausgeschlossen. Auf allen Fall fällt die Zeit, in welcher sie ihre jetzigen Plätze erhielten, bei den meisten so hoch hinauf, dafs es schwer ist, den damaligen Zustand der Erdrinde noch jetzt mit völliger Gewifsheit anzugeben. Daneben liegt mindestens ein Theil des Grundes ihrer Aehnlichkeit unter einander in dem Umstande, dafs nur diejenigen Arten auf diese Weise erhalten wurden, welche am schwersten verwittern.

Hornfels, ein Gemenge aus splittrigem Quarz, Feldstein und wenigem Turmalin, findet sich auf Granit gelagert.

Dem Granite kann der Quarzfels angereihet werden. *Quarzfels*, *Quarzgestein*, besteht aus reinem oder mit Glimmerblättchen untermengtem Quarze, und findet sich unmittelbar auf Granit gelagert, oder auch im Gneis, Glimmerschiefer und Thonschiefer. Zu ihm gehört der *Itakolumit*[1] oder *Gelenkquarz*, auch *biegsamer Sandstein* genannt, welcher in grofsen Massen in Brasilien vorkommt, und aus Quarz und Talk oder Chloritschiefer nach Art des Glimmerschiefers gemengt ist, seine Biegsamkeit aber dadurch erhält, dafs die Theile des letzteren die ersteren gelenkartig umschliefsen. Der *Eisenglimmerschiefer*, ein Gemenge aus Eisenglimmer und Quarz, von körnig-schiefrigem Gefüge, kommt nur in Brasilien vor, und steht ohngefähr auf gleicher Altersstufe als der Itakolumit.

b. *Gneis* (Gneus) besteht aus Feldspath und Glimmer oder aus Feldspath, Quarz und Glimmer, welche in körnig schiefrigem Gefüge verbunden sind. Meistens besteht derselbe aus Lagen von Glimmer mit solchen von Quarz und Feldspath wechselnd, mit verschiedenen Abänderungen rücksichtlich des Quan-

---

1 Ein indisches Wort vom Berge Itakolumi, welcher daraus besteht. Dieser Berg, dessen Name von Ita der Stein und Kolumi der Sohn gebildet ist, weil derselbe einen kleineren Theil des höchsten steilen Gebirges ausmacht, liegt bei Villa Ricca in Brasilien.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

titativen dieser Bestandtheile; jedoch ist der Glimmer in ihm meistens in gröfserer Menge vorhanden, als im Granite. Er zeigt im Allgemeinen regelrechte Schichtungen, wie sie seiner schiefrigen Textur zukommen, bildet weniger zackige und hohe Gebirge als der Granit, und kommt häufig mit dem letzteren vereinigt vor.

c. *Glimmerschiefer*, aus Quarz und Glimmer zusammengesetzt, von sehr kenntlich schiefrigem Gefüge. Er ist ausgezeichnet geschichtet, und enthält unter allen Urgesteinen die meisten fremdartigen Lager, liegt aber selbst meistens auf Gneis, seltener auf Granit, und wechselt selbst mit Thonschiefer. Sein Vorkommen ist sehr häufig, und er bildet meistens die hohen wellenförmigen Bergebenen, welche die steilen Granitgebirge verbinden.

Anhangsweise lassen sich hier anreihen der *Chloritschiefer* und der *Talkschiefer*. Der erstere besteht aus blofsem Chlorit mit zufällig beigemengten Theilen, von lauch- berg- oder schwärzlich-grüner Farbe und schiefrigem Gefüge. Er kommt nur selten als selbstständige Gebirgsart vor, und findet sich als Lager auf Granit, hauptsächlich im Glimmerschiefer, auch im Gneis und Thonschiefer. Der *Talkschiefer* oder *schiefriger Talk*, von weifser, grüner und ins Röthliche übergehender Farbe, gehört theils zu den Urgebirgen, theils zu den Uebergangsformationen, und bildet sowohl ganze Berge als auch nur einzelne Lager. Auch der *Eklogit* oder *Smaragditfels*, aus Diallagon und Granat, von krystallinisch-körnigem Gefüge, findet sich theils im Gneis, theils im Glimmerschiefer gelagert.

Den Glimmerschiefer-Gebilden läfst sich ferner der *Dolomit* anreihen. Er besteht aus kohlensaurem Kalke mit kohlensaurem Talke, ist weifs, von körnigem Gefüge, brauset schwach mit Säuren, und um so weniger, je gröfser der Gehalt an Talk ist[1].

---

1 Der Dolomit hat seinen Namen von Dolomieu, welcher diese Felsart vorzüglich untersuchte. Er gehört ungleichen Altersstufen an. Insbesondere der neuere ist mit vielen drusenartigen Räumen erfüllt, frei von fremdartigen Beimengungen und überhaupt leer von Versteinerungen. Der Dolomit verwittert leicht, und Schichtungen desselben kommen nur beim älteren vor. Letzterer ist nur stellenweise, der neuere ungleich häufiger verbreitet, und gehört zu den Kalken der Flözzeit.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

d. *Urthonschiefer*, wozu nur ein sehr geringer Theil des Thonschiefers überhaupt gehört, erscheint fast als gleichartiges Gestein wegen der Feinheit und innigen Mengung seiner Bestandtheile, nämlich Glimmer, Quarz, Feldspath und Talk. Seine Textur ist ausgezeichnet schieferig, und er verwittert durch Zerspaltung in die feinsten Blättchen. Blofs da, wo er den ältesten Urfelsen näher liegt, zeigen sich noch Spuren einer Krystallisation des Glimmers; dort ist er dann auch ganz frei von Versteinerungen, welche indefs auch in dem jüngeren nur als einzelne Exemplare vorkommen. Aus ihm sind grofse Bergebenen und rundliche Bergkuppen gebildet, nie hohe zackige Felsen.

e. *Granulit*, eine dem Granite verwandte körnige, weifse Felsart, hat als Hauptbestandtheil Feldstein oder dichten Feldspath, und heifst von seiner Farbe auch *Weifsstein* nach Werner oder *Eurit* bei den Franzosen. Im Ganzen ist er wohl nur eine Abart des Granites.

f. *Serpentin* galt bis jetzt meistens für ein sehr inniges Gemenge aus sogenanntem Diallagon und Feldstein, und unterscheidet sich daher vom *Gabbro* nur durch sein höchst feines Korn.

g. *Hornblendeschiefer* besteht aus krystallinischer Hornblende, ist von schwarzer, ins Grünliche spielender Farbe, und deutlich geschichtet, bildet selten selbstständige Gebirge, mehr aber mächtige Lager im Gneis und Glimmerschiefer. Das *Hornblendegestein*, aus blofser Hornblende bestehend, mit verschiedenen fremdartigen Einmengungen, schwarz ins Grünliche spielend, ist ihm verwandt, und findet sich im Gneis und Glimmerschiefer gelagert.

h. *Grünstein*, auch *Diorit* und *Urtrapp* genannt, kommt nur in kleinen Lagen als Urgebirge vor.

2. *Uebergangsgebirgsarten*, oder solche, welche zwischen den Urgebirgen und den Felsarten der secundären Bildung in der Mitte liegen. Im Ganzen zeigen diese viele Aehnlichkeit mit den Urfelsen. Sie sind im Allgemeinen aus Trümmern und fremdartigen, durch Zerstörung der Urfelsen erst dargebotenen Bestandtheilen zusammengesetzt, und müssen daher später als diese gebildet seyn. So wie aber bei den Urgebirgen keine feste Grenze aufzufinden ist, wonach man genau die Reihenfolge ihrer Bildung bestimmen könnte, so zeigt auch die Untersuchung der Uebergangsfelsarten, dafs den einzelnen Species ein verschiedenes Alter zugehört, indem einige sich mehr

den Urfelsen, andere den secundären Gebilden nähern. Zu ihrer Classificirung berechtigt aber hauptsächlich das Lagerungsverhältnifs, indem sie sämmtlich über den Urgebirgsarten und unter den secundären Felsarten gelagert sind. Neuerdings hat v. Humboldt über diese und ihre Lagerungsverhältnisse, wie sie durch ihn selbst und andere geübte Geognosten in America, Asien und Europa aufgefunden sind, lehrreiche Bemerkungen mitgetheilt[1]. Es werden hierhin gerechnet:

a. *Grauwacke*, eine sandsteinartige Felsmasse, besteht aus gröfseren und kleineren, bis zu den kleinsten, Stücken von Quarz, Thonschiefer, Glimmerschiefer, Feldsteinporphyr, Granit und Kalkstein, welche in einer Thonschiefermasse zusammengebacken sind, von grobkörnigem bis zum feinkörnigsten Gefüge, meistens grau, zuweilen röthlich braun, fest und hart, nicht schieferig und selten porös. Versteinerungen finden sich selten und nur in einzelnen Exemplaren in ihr, dagegen ist sie reich an Gängen und unter diesen auch erzführenden, und es ergiebt sich leicht aus ihrem Gesammtcharakter, dafs sie durch Vereinigung zerstörter älterer Felsmassen gebildet ist.

b. Neben *kalkhaltigem Schiefer* gehört der *Grünstein* zur Uebergangsformation. Er wird auch *Diorit* (von διορίζω, distinguo, definio, weil seine Bestandtheile sich an Farbe und Gefüge so verschieden zeigen) genannt, ist theils grob- theils feinkörnig, bietet selten kenntliche Schichtungen dar, erscheint wie der Granit in zerklüfteten, oft stark abgerundeten Massen, kommt häufig vor und bildet kleinere meistens abgerundete Berge. Zu ihm gehört der *Dioritschiefer*, welcher in mächtigen Lagern seltener auf Granit, häufig auf Gneis vorkommt.

Zu den Uebergangsgebirgen gehören ferner noch folgende verbundene und mit einander parallel laufende Formationen.

c. Wechselnde Schichten von *körnigem* und *talkigem Kalke*. Der körnige Kalk, sonst auch *Urkalk*, *salinischer Marmor* genannt, unterscheidet sich von den zahlreichen Kalkgebilden durch sein krystallinisches Gefüge, welches bald grob- bald feinkörnig erscheint, und nur selten schiefrig, wenn er mit Glimmerblättchen gemengt ist. Dafs er keine Petrefacten

---

1 Geognostischer Versuch über die Lagerung der Gebirgsarten in beiden Erdhälften. Deutsch durch v. Leonhard. S. 103. ff.

enthält, die in den neueren Kalksteinen so häufig vorkommen, aufserdem im Granit und andern primitiven Felsarten gelagert vorkommt, entscheidet für sein hohes Alter. Neben *Kohlenblende-haltigem Glimmerschiefer* und *Grauwacke* gehört hierzu ferner nach der *Anhydrit*. Man rechnet ferner auch den körnigen, schuppigen, ins Blättrige übergehenden, *Gyps* zum Urgypse und zum Uebergangsgypse. Ob es den ersteren giebt, ist zweifelhaft, und v. Humboldt führt ihn nicht als solchen auf. Der ältere Gyps ist mitunter deutlich geschichtet, und führt verschiedenartige Beimengungen, findet sich in und auf Kalk und Thonschiefer, zwischen Grauwacke oder auf Feldsteinporphyr.

d. *Thonschiefer* gehört der Uebergangsperiode gleichfalls an, nebst dem *Kieselschiefer* (*Jaspisschiefer*, *Lydischer Stein*), welcher aus Kieselmasse mit mehr oder weniger Thon-Kohlenstoff- oder Eisenoxyd-Gehalt besteht, hiernach verschieden gefärbt, meistens aber schwarz ist, in Thonschiefer übergeht und sich in ihm gelagert findet; ferner *schwarzer Kalkstein*, oder *Uebergangskalk*, eine reine dichte Kalkmasse, selten körnig, von bläulicher und schwärzlicher Farbe mit weifsen Adern durchzogen, selten roth oder gelblich. Er findet sich zuweilen in grofsen Lagern ganz frei von Petrefacten, zuweilen aber enthält er sie in grofser Menge, ist selten geschichtet und der Verwitterung sehr ausgesetzt, kommt sehr häufig vor, und bildet sowohl Bergkuppen, als hohe und spitze Felsen. Ferner gehört dazu *Grauwacke* nebst *Grünstein* und *Syenit*. Letzterer ist benannt von *Syene*, dem heutigen *Essen* oder *Assuan* in Oberägypten, woher die zu den Obelisken genommenen Steine kamen. Er wird wohl mit Granit verwechselt und den Urfelsen beigezählt. Die wesentlichen Bestandtheile desselben sind Feldspath und Hornblende, welche ein grob- oder feinkörniges Gemenge bilden, von schwärzlichem Ansehen und verschiedene Einmengungen enthaltend. Die Felsart ist selten geschichtet, meistens neben Granit, nicht häufig über demselben gelagert, ragt auch nicht so weit über die Oberfläche des Meeres als dieser. Dem Syenit nahe verwandt ist der *Aphanit* (von *αφανίζειν* verschwinden, weil die Kenntlichkeit der Gemengtheile aufhört), welcher aus Feldstein und Hornblende besteht, mit eingemengten Feldspath- und Hornblende-Krystallen, von Farbe dunkelgrün ins schwärzliche ist, sich vorzüglich über Sye-

nit und Diorit gelagert findet, und meistens steile, fast senkrechte Klippen bildet.

Der *Uebergangsgranit* gehört gleichfalls hierher. Man war anfangs gewohnt, den Granit allgemein als älteste Felsart zu betrachten, allein es ist zuerst durch Leop. v. Buch[1] und Hausmann[2] aufser Zweifel gesetzt, dafs der Granit auch über andern Gesteinen gelagert vorkommt. Sie fanden ihn namentlich bei Christiania über Orthoceralitenkalke liegend, nachher hat ihn auch v. Humboldt[3] über Gneis, John Davy[4] über Schiefer und Vargas Bedemar[5] mit Eisensteinschichten wechselnd gefunden. Es mufs hiernach also Granit von verschiedenem Alter geben, und es leidet keinen Zweifel, dafs einiger auch zur Uebergangsformation gehöre[6].

Porphyr, welchen manche Geognosten, zum Theil wenigstens, den Urfelsen beizählen, wird durch v. Humboldt gleichfalls zu den Uebergangsgebilden gerechnet. Er besteht aus Feldstein oder dichtem Feldspath als Hauptmasse, in welche, wie in einen Teig, Quarz-Krystalle und Körner, Feldspath-Krystalle, zufällig auch Hornblende- und Glimmer-Theile, gleichsam eingebacken sind. von Humboldt fand ihn in America unmittelbar auf Granit liegend. Verwandt ist ihm der *Pyromerid* von Corsica, welcher aus einem Teige von Feldstein mit wenigen quarzigen Einmengungen und eingeschlossenen Kugeln aus Feldspath oder aus Feldstein und Quarz besteht.

e. *Gabbro* (*Euphotide*, *Verde di Corsica*), aus Feldstein und sogenanntem Diallagon, oder aus Feldstein, Feldspath und Diallagon gebildet, von körnigem Gefüge, steht vorzüglich dem Serpentin nahe, und geht häufig in diesen über. Nach seinen Lagerungsverhältnissen findet er sich an der Grenze der Ur- und Uebergangsgebirge, so wie der letzteren und der Flötzgebirge, bildet steile Berge und findet sich in allen Welttheilen.

f. Endlich rechnet v. Humboldt hierher die Lagerungen

---

1 Reise durch Norwegen und Lappland. I. 141.

2 Reise durch Scandinavien. a. v. O.

3 Reisen d. Ueb. III. 196.

4 G. LXVI. 129.

5 Reisen. II. 246.

6 S. d'Aubuisson Traité de Géognosie. II. 226. wo noch mehrere Beispiele angeführt werden.

von *Pyroxen-Porphyr* mit gewissen *Mandelsteinen* und *Zirkonsyenit*.

3. *Secundäre Formationen* nennt man solche, deren Entstehen in Zeiten fällt, als die älteren Schichten schon gelagert waren, und sowohl zur Erzeugung von Pflanzen als auch zum Wohnorte von Thieren dienten. Im Allgemeinen bilden sie zwei Hauptclassen, nämlich Sand- und Kalk-Steine, welche indefs von verschiedenem Alter sind, und auch hierbei ist die Begrenzung nicht so scharf, dafs sich die secundäre Felsart überall genau von den Uebergangsgebilden unterscheiden liefse, oder man ihr Alter mit völliger Gewifsheit bestimmt angeben könnte. Die verschiedenen Sandsteinarten scheinen übrigens aus den abgerundeten Bruchstücken, insbesondere den quarzigen, der Urgebirge entstanden zu seyn, welche an ihrer gegenwärtigen Lagerstätte aufgehäuft zu den jetzigen Steinmassen verbunden wurden. Die Kalksteingebilde sind in ungeheurer Menge vorhanden, und werden nach der Verschiedenheit ihres Alters zuweilen durch Zwischenlagen von Gyps, Thon, Sandstein u. s. w. getrennt; oft läfst sich ihr Alter hiernach, hauptsächlich aber nach den Resten der Thierwelt bestimmen, welche sie einschliefsen.

a. *Aelterer Sandstein*, auch das *rothe- graue- weifse- Todtliegende* genannt. Er ist bald grob- bald feinkörnig, und geht selbst in Trümmergestein über. Die gröfseren bis zu den kleinsten abnehmenden, ihn bildenden Körner sind durch einen eisenschüssigen, braunlichrothen oder graulichweifsen, zuweilen etwas kalk- und mergelhaltigen thonigen Teig gebunden, worin eingemengte Glimmerblättchen vorkommen, die Trümmer in ihm sind den umliegenden älteren Felsarten ähnlich, und daher verschiedenartig an Masse und Gestalt. Von zufälligen Einmengungen findet man ihn meistens frei, auch enthält er nur selten einzelne Ueberbleibsel älterer Vegetabilien und Thiere; um so merkwürdiger sind die ganzen Baumstämme, welche sich in ihm mitunter von 3 F. Durchmesser und 15 F. Länge namentlich da finden, wo er schieferartiger wird, z. B. im Kiffhäuser bei Stolberg, im Nesselberge in Thüringen u. s. w. Er zeigt deutliche Schichtungen, welche zuweilen waagerecht liegen, und bildet Gebirgszüge von 5000 bis 6000 F. Mächtigkeit mit schroffen Felsen und steilen Gebirgsrücken am Fufse von Ur- und Uebergangsgebirgsketten.

Mit ihm auf gleicher Altersstufe steht der *Kohlensandstein*, ein feinkörniges Gebilde hauptsächlich aus abgerundeten Quarzkörnern bestehend, welche in einem grauen, schieferthonartigen Bindemittel meistens nur lose vereinigt sind; von grauer, ins Weifse übergehender und zuweilen durch Eisenoxyd röthlicher Farbe, schliefst Ueberbleibsel aus dem Pflanzenreiche und auch Muscheln ein, und scheint ein eigenthümlicher, in ungleichen Zeiten gebildeter Absatz des älteren Sandsteines zu seyn. Er macht im Wechsel mit *Schieferthon* und *Kohlen* (Schwarzkohlen) das *ältere Kohlengebilde* aus.

Der *Schieferthon*, auch *Kohlenschiefer*, *Kräuterschiefer* genannt, ist ein verhärteter, Kohlenstoff oder Bitumen enthaltender, Thon von schieferiger Structur, schliefst hauptsächlich Ueberreste aus dem Pflanzenreiche in wohlerhaltenen Abdrücken ein. Als eine Abart desselben ist der mit Bitumen stark geschwängerte, und daher brennbare, *Brandschiefer* anzusehen.

b. *Zechstein*, *Alpenkalk*, *Flötzkalk*, ein dichter Kalkstein von verschiedener Farbe, gröberem oder feinerem splitterigen Bruche, meistens rein von fremdartigen Beimischungen, zeigt sich sowohl in einzelnen Schichten als auch in weit ausgedehnten Gebirgsstrecken leer von Petrefacten, zuweilen aber auch mit einer Menge Ueberbleibsel früherer Meeresgeschöpfe erfüllt. Er ist nicht allezeit geschichtet, oft stark zerklüftet, wird vom Regenwasser allmälig weggewaschen oder vom fliefsenden Wasser weggespült, so dafs sich grofse Höhlungen in diesen Bergen bilden. Man findet ihn in grofser Menge über den Erdball verbreitet, und zu bedeutenden Bergen aufgehäuft. *Kupferschiefer*, aus Kalk und Thon bestehend, mit Bitumen und verschiedenen metallischen Substanzen, hauptsächlich Kupfer und Eisen durchdrungen, von braunlich- blaulich- und graulichschwarzer Farbe, schliefst häufig einzelne versteinerte Fische und Muscheln ein, ist am häufigsten über dem älteren Sandsteine unmittelbar gelagert, verwittert leicht an der Luft und bildet dann eine schwarze Erde. *Stinkstein*, eine dichte Kalksteinfelsart von brauner, grauer oder schwärzlicher Farbe, welcher beim Reiben oder Erwärmen einen widerlichen, von beigemengtem Schwefel oder Bitumen herrührenden, Geruch verbreitet. Man findet ihn neben Alpenkalk in kleinen Lagern, aber auch zu ganzen Hügeln aufgehäuft. Ihm kann als ähnliches Gebilde der *Rauhstein* beigezählt werden, welcher zwischen Dolomit und

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Stinkstein in der Mitte steht, ein thonig kieseliger Kalkstein mit wenig Bitumen. Desgleichen *Asche*, eine erdige Auflösung des Stinkkalkes, welche in Lagern von 3 bis 9 F. Mächtigkeit zwischen Stinkkalk und Alpenkalk oder Gyps gefunden wird. Auch der *körnige Gyps* gehört hierher.

c. *Bunter Sandstein*, von den Streifen und farbigen Zeichnungen in demselben benannt, aus kleinen, sehr gleichförmigen, rundlichen Quarzkörnchen bestehend, welche durch ein, meistens thoniges, oft eisenschüssiges, Bindemittel vereinigt sind, von verschiedener Farbe und Härte. Er ist fast frei von zufälligen Beimischungen und Petrefacten, kenntlich geschichtet, und kommt häufig in mehr oder minder mächtigen, niederen, von Thälern durchschnittene Berge bildenden Lagern vor, und wechselt mit häufigen Kalklagern.

Roggenstein, runde, aus concentrischen in gebildete gröfsere und kleinere Kugeln aus Kalkmasse in einem Teige von Kalk zusammengebacken. Er ist nur selten selbstständig über gröfsere Räume verbreitet, meistens als einzelne Lager von geringer Mächtigkeit in Kalksteinfelsen eingeschlossen.

Ueber diesen findet sich gelagert *bunter Mergel, Thon*, oft salzführend (Salzthon) mit *Fasergyps* und *Stinkkalk*. Hiervon ist verschieden der *Mergel*, ein mit Thon oder auch Kieselerde, zuweilen mit beider zugleich, gemengter Kalk, bei mehrerem Kieselgehalte auch *Sandmergel* genannt, meistens schieferig, von unrein weifser und verschiedenen andern Farben. Der *Salzthon* ist ein kohlenstoffhaltiger, bituminöser Thon, welcher mit kleinen Salztheilen durch das Ganze seiner Masse gemengt ist, feinerdig im Bruche, von Farbe grau ins schwärzliche und selten Versteinerungen führend. *Fasergyps*, seltener *Anhydrit* kommen in ihm in Lagern von gröfserer oder geringerer Mächtigkeit vor. Er bezeichnet die Lagerungen des *Steinsalzes*, welches den Felsarten vom Zechstein an bis zum Muschelkalke angehört.

d. *Muschelkalk, Kalk von Göttingen, Flötzmuschelkalkstein, Muschelmarmor, Gryphitenkalk*, von der erstaunenden Menge der eingeschlossenen Petrefacten benannt, ist ein einfacher, blofs mehr oder weniger Kiesel- und Thon-Erde auch etwas eisenoxydhaltiger Kalkstein. Er widersteht der Verwitterung sehr, ohnerachtet seiner Weichheit, ist stark zerklüftet und geschichtet, sehr weit verbreitet, bildet aber nur niedrige

Hügel und Berge meistens von rundlicher Form. An seinen beiden Grenzen findet sich *Thonmergel*.

Diese Felsart wechselt nach oben mit *weifsem* oder *Quader-Sandstein*. Letzterer ist von der Art seiner Zerklüftung und seiner Anwendung zum Bauen benannt, besteht aus feinen, sehr gleichförmigen, durch ein thonhaltiges, in geringer Menge vorhandenes Bindemittel verbunden. Die Farbe desselben ist graulich oder gelblich weifs, selten durch Eisen röthlich gefärbt, er führt nur sparsam fremdartige Einmengungen, und Versteinerungen nur da, wo er unmittelbar auf Kalkfelsen ruhet. Die Schichtungen desselben sind sehr kenntlich, die Zerklüftungen schneiden einander oft in rechten Winkeln, und durch beides entsteht die Bildung eigentlicher Quadern.

e. Wechselnde Lager von *Quadersandstein* und *Gryphitenkalk*. Hierin finden sich viele Reste von Pflanzen aus der Classe der Dikotyledonen vermengt mit denen aus der Classe der Monokotyledonen.

f. *Jurakalk*, dicht, von muschligem auch splittrigem Bruche und sehr lichter, graulich weifser, oder gelblicher Farbe. Es ist dieses eine sehr zusammengesetzte Formation, mit vielem sandhaltigen Mergel wechselnd und durch Beimengung von Thon selbst in Mergel übergehend. Seine durch dünne Thonlager getrennten Schichten liegen oft horizontal. Er findet sich in Lagern von geringer Mächtigkeit bis zu ganzen Bergen aufgehäuft, am häufigsten am Jura, auf der schwäbischen Alp u. s. w., auch schliefst er sehr ausgedehnte Höhlen ein. Der *Lithographische Stein*, von seiner Anwendung zum Steindrucke benannt, bildet nur eine Abart desselben[1].

---

1 Oft findet man von unten nach oben hin mergelhaltigen Kalk mit Gryphiten, Roggenstein, Madreporenlager (calcaire à polipiers), schiefrigen Kalk mit Fischen nnd Krustaceen und kugeliches Eisenoxydhydrat. Auch das *Knochentrümmergestein*, die *Knochenbrekzie*, ein Conglomerat aus Thierknochen und verschiedenen Geschieben von Felsarten, hauptsächlich Kalkstein, kann hier erwähnt werden. Ganze Thiergerippe finden sich nie in demselben, wohl aber alle Arten von Knochen, selbst menschliche in unordentlicher Lage und nicht eigentlich versteinert, sondern vielmehr calcinirt. Die Felsart ist vorzüglich als niedere Hügel und in Felsspalten an den Küsten des mittelländischen Meeres verbreitet. Seine Bildungszeit scheint mit dem letzten Aufenthalte des Meeres auf der Oberfläche unserer Erde zusammenzuhängen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

g. *Secundärer Braunkohlensandstein* (Molasse), ein feinkörniger nicht sehr fester Sandstein, mit wenigem thonigem, kalkigem, oder mergelichem Bindemittel und von weifslichgrauer Farbe. Versteinerungen von See- und Landthieren enthält derselbe bald sparsamer, bald in gröfserer Menge, ist deutlich geschichtet, und ziemlich weit verbreitet. *Ironsand*, ein durch Eisenoxydhydrat gefärbtes Sandgebilde, aus wechselnden Lagen von Sandstein und Sand bestehend, welches sich vorzüglich im südlichen Theile von England findet, wo er bis zu 500 F. ansteigende Hügelzüge bildet.

Greensand, grüner Sandstein, dem Ironsand nahe stehend, ein Sandstein von gröfserer oder geringerer Festigkeit, durch ein kalkiges Bindemittel zusammengehalten, erhält seine Farbe durch eingemengte Grünerde ähnliche Theile und Glimmerblättchen nebst Eisenoxydhydrat.

h. *Kreide* mit Chlorittheilchen gemengt (craie chloritée), *gemeine Kreide*, durch eine chloritähnliche, in kleinen grünen Puncten beigemischte Substanz gefärbt, und *weifse Kreide*, die bekannte Kalkerde mit einem unbedeutenden Zusatze von Talk, Thon, etwas Eisenoxyd und höchst feinem Quarzsande. Sie enthält häufig Versteinerungen, ist oft auf weite Strecken von bedeutenden Spalten durchzogen, auf Gebirgsarten von sehr verschiedenem Alter gelagert, und findet sich in Lagern von sehr geringer Mächtigkeit bis zu eigentlichen, obwohl nicht sehr hohen Bergen.

4. *Tertiäre Felsgebilde.* Nach D'AUBUISSON gehören hierzu alle diejenigen, welche jünger sind als die Kreideformation, und nach v. HUMBOLDT fangen sie mit den Resten zerstörter Kotyledonen an. Sie bestehen hauptsächlich aus Kalk-Thon- und Sandsteingebilden, sind sämmtlich aus zerstörten älteren Felsarten durch wässerigen Niederschlag entstanden, und enthalten eine unglaubliche Menge Reste einer früheren Thier- und Pflanzenwelt. Endlich kann als entscheidender Charakter noch angeführt werden, dafs sie nur den niedrigern Gebirgen angehören, und meistens horizontal geschichtet sind. Nach v. HUMBOLDT gehören dazu

a. *Thon* und *tertiärer Braunkohlensandstein*, letzterer etwas jünger als der oben unter den secundären Felsarten genannte; *plastischer Thon*, eine erdige, mehr oder minder zerreibliche Masse, kenntlich durch seinen eigenthümlichen Thon-

geruch, welchen er im feuchten Zustande giebt, und das Ankleben an die nasse Zunge im trockenen. Von Farbe ist derselbe sehr verschieden, meistens weifslich, ins Gelbliche und Bläuliche spielend, findet sich in Lagern von einem bis zu einigen hundert Fufs Mächtigkeit, und enthält die vielfachsten Reste der Pflanzen- und Thierwelt. *Molasse* und *Nagelflue*, welche zuweilen wechseln, wenn die Kreide fehlt. Die Nagelflue hat ihren Namen von dem schweizerischen Worte *Flue*, eine steile Felswand, aus welcher Steine gleich grofsen Nagelköpfen hervorragen. Es ist dieses ein Trümmergestein aus kleineren und gröfseren Bruchstücken hauptsächlich von Kalkstein, selbst aus Rollstücken von Granit, Gneis, Porphyr und Diorit, auch aus Geschieben von Hornstein, Feuerstein, Thon- und Kieselschiefer, und Serpentin bestehend, welche durch einen kalkigsandsteinartigen Kitt zusammengehalten werden. In der Schweiz, wo diese Felsart häufig vorkommt, nimmt die Gröfse der Bruchstücke mit der Höhe der benachbarten Kalkfelsen ab. Eigenthümliche Versteinerungen enthält die Nagelflue nicht, wohl aber finden sich solche in den kalkigen Bruchstücken. Sie verwittert schwer; allein weil die Unterlagen derselben durch den Einfluss der Atmosphärilien zerstört werden, so stürzen oft gröfsere oder kleinere Massen derselben mit grofsem Getöse herab. Auch die höchsten Lagerungen des *Jurakalkes* gehören hierher.

b. *Grobkalk*, *Pariser Kalkstein*, *Ceritenkalk*, *Kalkstein von Bolca*, *Thon von London*, *sandiger Kalkstein* von *Regnor*. Der Grobkalk wurde zuerst in der Gegend von Paris, nachher auch an andern Orten gefunden, eine Kalkmasse von gröberem oder feinerem Korne und graulich weifse Farbe, mehr oder minder fest bis zum Zerreiblichen, mit vielfachen Einmengungen, insbesondere aber so viele Muschelschalen enthaltend, dafs die Kalkmasse zuweilen ganz verschwindet. Auch Abdrücke von Stengeln und Pflanzen, Fischen und deren Gerippen kommen in demselben vor. Er ist geschichtet mit Zwischenlagen von thonigem und kalkigem Mergel, findet sich häufig, bildet jedoch keine hohen Berge. Neben ihm stehen die *Braunkohlen*.

c. *Kieseliger Kalkstein* und *knochenhaltiger Gyps* mit *Mergel* wechselnd. In diesem Gebilde finden sich die vielen Knochen von Landthieren, insbesondere die Mammut- und anderen Gerippe.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

d. *Sandstein* von *Fontainebleau*, ein mehr örtliches Gebilde.

e. *Kalktuff* und *Süfswasserkalk*, Gebilde des süfsen Wassers, weswegen sich in ihnen keine Reste von Seethieren finden. Der *Kalktuff* zeichnet sich aus durch sein loses, schwammiges Gefüge, der *dichte Süfswasserkalk* dagegen ist dicht, weifs, zuweilen grau, schiefrig, mit vielen Resten der Thier- und Pflanzenwelt, und überdeckt Ebenen und niedere Hügel. Der *Kieselkalk*, wegen seines Antheils an der ihn durchdringenden quarzigen Materie so genannt, und der *Travertino*, eine dichte Kalkmasse mit zufälligen Beimengungen vulcanischer Stoffe, kann hier gleichfalls genannt werden. *Poröses Quarzgestein* (*Mühlstein*), ein höchst feinkörniger, stellenweise ins Dichte sich verlaufender Quarz, welcher bald mehr Chalcedon- bald mehr Feuersteinartig wird, von weifser, ins Röthliche und Grauliche sich verlaufender Farbe, insbesondere aber ausgezeichnet durch seine zahllosen Höhlungen, und die in diesen befindlichen fadenartigen quarzigen Gebilde. Er ist theils frei von Versteinerungen, theils ganz erfüllt mit einschaligen Muscheln und Pflanzentheilen, und ist eins der jüngsten Süfswassergebilde, welches sich nicht häufig in einzelnen Stücken und Lagern von geringer Mächtigkeit findet.

f. *Aufgeschwemmtes Erdreich*. Dieses wird von den meisten Geognosten als eine eigene Classe von jüngerem Alter als die tertiären Felsarten betrachtet. Man rechnet dann darunter *Lehm*, ein mit mehr oder weniger Quarzsand und Kalkerde gemengter, durch Eisenocher gefärbter, zerreiblicher Thon, welcher sehr allgemein in Lagern von verschiedener Mächtigkeit verbreitet ist; *Lofs*, ein lehmiges, gelblich-graues Gemenge aus Thon- Kalk- und Kieseltheilen mit versteinerten und calcinirten Conchilien und Knochen von Thieren der Vorwelt. *Walkererde*, welche weich und zerreiblich, weifslichgrau ins Grünliche spielend ist, mit Wasser einen nicht formbaren Brei giebt, und aus zersetztem Diorit uud Dioritschiefer besteht. *Sand* endlich, das Product zerstörter quarziger Felsarten, ist so allgemein und an einigen Orten in so ungeheurer Menge vorhanden, dafs er keiner weiteren Beschreibung bedarf. Man könnte der Vollständigkeit wegen hier noch die *Dammerde*, als oberste Kruste des cultivirten Theiles des Erdballes anreihen, welche von einigen Zollen bis zu einigen Fufsen Dicke aufgelagert ist.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

5. Eine Hauptclasse von Fossilien machen die *vulcanischen Gebilde* aus. Sie verdanken im Allgemeinen den vulcanischen Kräften ihren Ursprung, und da die Thätigkeit der Vulcane sehr frühe begonnen zu haben scheint, und bis diesen Augenblick fortdauert, durch alle diese Zeiten hindurch aber ähnliche Producte erzeugt sind, so läfst sich auf keine Weise eine nach der Zeit geordnete Reihenfolge solcher Gebilde angeben, sondern sie werden am besten unter gewisse Hauptclassen geordnet. Einige von diesen beobachten wir zwar nicht mehr in ihrer Entstehung, und es ist daher lange streitig gewesen, ob sie auf die angegebene Weise entstanden wären, inzwischen sind überwiegende Gründe vorhanden, dieses anzunehmen. Indem aber weder die Art ihrer Entstehung noch die Untersuchung der vulcanischen Thätigkeiten überhaupt hier abgehandelt werden kann[1], so betrachten wir die durch dieselben gebildeten Felsarten, sey es dafs sie durch vollständige oder unvollständige Schmelzung gebildet sind, und mögen sie überhaupt im glühenden oder heifsen, wässerig flüssigen oder breiartigen Zustande an den Ort ihrer gegenwärtigen Lagerung gekommen seyn, für jetzt nur so, wie sie in das Gebiet der Geognosie gehören. Es werden dahin gerechnet[2]

a. *Trachytische Formationen.* Der *Trachyt* (von τραχύς rauh) auch *Trapp-Porphyr, Domit,* genannt, besteht aus einer feinkörnigen Grundmasse mit einliegenden Krystallen glasigen Feldspaths. Nach L. v. Buch entsteht er durch die Einwirkung heifser Dämpfe auf den Granit, welche den Quarz bis zur Unkenntlichkeit zersprengen, dem Feldspath seinen Perlmutterglanz und sein Blättergefüge rauben, die Krystalle in die Länge zerreifsen und ihre Durchsichtigkeit erhöhen, Glimmer und Hornblende aber nicht angreifen. Die Farbe desselben ist schmutzig weifs, ins Gelbliche, Röthliche, Bläuliche übergehend. Man unterscheidet verschiedenartige Trachyte je nach der Art des Gefüges und der beigemengten Bestandtheile. Unter andern giebt es *granitische Trachyte,* aus zahllosen Krystallen glasigen Feldspathes mit zwischenliegenden Krystallen

1 S. *Vulcane.*

2 Die Anordnung ist aus v. Humboldt geognostischer Versuch u. s. w. namentlich aus der S. 366. angehängten tabellarischen Uebersicht entnommen.

schwarzen Glimmers und sparsamen Theilen Hornblende; *porphyrartige Trachyte*, ein Teig aus Feldstein mit Krystallen von glasigem Feldspath und Augit; *halbverglaste Trachyte*, deren Teig halbverglaset, schwarz oder braun ist. Der Trachyt scheint unterhalb der granitischen Erdrinde emporgehoben zu seyn, wird zuweilen umlagert durch Basalt, und scheint dessen Grundlage zu bilden, wie er überhaupt in der Regel nur von vulcanischen Gebilden überdeckt ist. Er ist sehr allgemein verbreitet. Seine Berge sind bald in der Mitte der Ebenen einzeln emporsteigend, bald zu mehreren über einander gehäuft, zeichnen sich überhaupt durch ihre Höhe und kegelförmige Gestalt insbesondere im neuen Continente aus.

Der *Phonolith* (von φωνή die Stimme, der Ton und λίθος der Stein, wegen seines hellen, bis zum glockenartigen, Tones beim Anschlagen mit dem Hammer) ein lavaartiger Stein von grauer Farbe mit etwas Grün untermischt, besteht im Allgemeinen aus Feldstein mit eingewachsenen Feldspathkrystallen und manchen andern zufälligen Beimengungen. Die Felsart verwittert zum Theil schwer, zum Theil durch Zerklüftungen leicht, und giebt dann fruchtbares Erdreich. Sie zeigt sich in dicken, ziemlich hohen und nahe parallelen Säulen, welche in grofser Menge neben einander geordnet meistens in Platten zerspalten sind. Auch der Phonolith bildet kegelförmige, fast stets einzeln hervorragende, spitze und auch gewölbte Berge, deren entblöfste Oberflächen sich durch einen weifslichen Ueberzug auffallend von den benachbarten basaltischen unterscheiden. Die Felsart ist zwar nicht sehr allgemein, aber doch nicht eben selten in basaltischen Gegenden.

Perlstein, ein schmelzartiges, glasiges Gestein, aus ungleich grofsen, körnig abgesonderten, concentrischschaligen oder keilförmigen Stücken bestehend, mit Perlmutterglanz, unrein grau von Farbe, ins Gelbliche, Rothe, Braune, selten ins Schwärzliche spielend, ist nicht selten porös mit ins Längliche gezogenen, meistens parallelen, Blasenräumen. Man findet diese Felsart in manchen Gebirgen bedeutend verbreitet, indem sie niedrige, kegelförmige Hügel bildet, mitunter auch Bergmassen, welche bis 900 oder 1200 F. Höhe sich über die benachbarten Ebenen erheben und Flächen von 50 Quadratstunden überdecken.

Obsidian ist ein Begleiter des Perlsteins. Dieser sieht einer

gut geflossenen Schlacke mehr oder weniger ähnlich, und ist meisens glasig, schwarz und an den Kanten durchscheinend. Auch dieser ist zum Theil mit in die Länge gezogenenen Blasenräumen erfüllt, und ein Begleiter der Vulcane oder vulcanischer Erzeugnisse. Er findet sich als Lager im Trachyt, in Bimsstein und mit diesem durchwachsen, und im Basalte, endlich auch in grofsen Blöcken von Vulcanen ausgeworfen.

b. *Basaltische Formationen.* Hierhin gehört vornehmlich der *Basalt* selbst, ein inniges Gemenge aus Augit- Feldspath- oder Feldstein- und Magneteisen-Theilchen, sehr hart und von blaulich- und graulich-schwarzer Farbe. Der letztgenannte Bestandtheil erzeugt seine Einwirkung auf den Magnet. Nicht selten umschliefst die Masse zahlreiche ungleich grofse Blasenräume, und wird dadurch zum basaltischen Mandelsteine (basalte amygdaloïde), indem die Räume entweder leer oder mit verschiedenartigen Gesteinen erfüllt sind. Hauptsächlich findet sich im Basalte, als ihn charakteristisch bezeichnend, der *Olivin*, auch umschliefst er Bruchstücke verschiedener Felsarten, namentlich Stücke von Granit, Gneis, feldspathreichem Syenit, Grauwacke u. s. w. deren Oberfläche meistens mit einem glasigen Schmelze überzogen ist.

Der *Basalt* ist insbesondere ausgezeichnet durch die Säulen, welche er bildet. Indefs kommt nicht aller Basalt in solchen Säulen vor, sondern mitunter blofs unförmlich zerklüftet, und in abgerundeten, mit einer weifslichen Kruste überzogenen Stücken. Die schönsten Säulen giebt der feinkörnige, bläulichschwarze. Sie haben meistens fünf oder sechs, zuweilen sieben, drei und vier, selten zehn Seiten, einen Durchmesser von 6 Z. bis 6 F., sind zuweilen nach oben verjüngt und von einigen F. bis an 200 oder gar 300 F. Höhe und aus mehreren Gliedern zusammengesetzt, finden sich in allen möglichen Lagen, horizontal, schräg, unordentlich zusammengestürzt, sehr häufig aber lothrecht als unzählige parallele Pfeiler zusammengeordnet. Auf solche Weise bilden sie die riesenhaften Dämme, Wälle, Grotten und Höhlen, welche einen höchst imposanten Anblick gewähren, worunter namentlich die *Fingalshöhle* auf der Insel Staffa an der westlichen Küste von Schottland zu den schönsten und merkwürdigsten gehört[1]. Uebrigens finden sich Basalte in

Fig. 185.

1 Die Zeichnung ist aus dem Atlas zu Breislak's Institutions géo-

und über Ur- Uebergangs- und Flötz-Formationen gelagert, theils als Gänge, theils als zu Tage ausgehende Bergmassen. Als eigene Berge erheben sich die Basaltischen in Form von Kegeln und rundlichen gewölbten Kuppen von bedeutender Höhe.

Ueber den Ursprung des Basaltes hat man sich lange gestritten, indem die Neptunisten seine Entstehung als wässerigen Niederschlag zu vertheidigen bemühet waren. Anhänger dieser älteren Meinung waren hauptsächlich Werner[1], Richardson[2], d'Aubuisson[3], Brocchi[4] und andere. Als Hauptargumente führen sie an, dafs der Basalt sich durch die Einwirkung des Feuers beträchtlich verändert, folglich nicht im Feuer gewesen seyn kann, dafs er schichtenweise mit kohlensaurem Kalke durchzogan ist, Muscheln und Testaceen im unversehrten Zustande, ja sogar Wasser in sich enthält und selbst auf unveränderten Kohlen aufliegt. Indefs haben neuere Erfahrungen dargethan, dafs der Kalk unter starkem Drucke selbst in der Glühhitze die Kohlensäure nicht verliert[5], die Muscheln aber konnten in den Basalt kommen, als er sich in einem weichen, breiartigen Zustande befand, oder in die heifse Masse fest eingeschlossen blieben sie, wie der Kalk, unverändert. Für ein vulcanisches Product, welches theils als Lava geflossen, theils als breiartiger Teig von den Vulcanen ausgeworfen seyn kann, halten den Basalt de Lüc, Faujas de St. Fond[6], Dolomieu und Fortis[7], Hamilton[8], hauptsächlich L. v. Buch[9], S. Breislak[10], Keferstein[11], auch d'Aubuisson, welcher spä-

---

logiques genommen, wo sich die vorzüglichsten Basaltgruppen ausnehmend schön dargestellt finden.

1 Höpfner Mag. für die Naturkunde Helvetiens. IV. 239.

2 Bibl. Brit. XVIII. 313. XXXIX. 211. XLIV. u. XLV.

3 Mém. de l'Inst. an. XI. J. de Ph. LVIII.

4 Catalogue raisonné d'une Collect. des Roches. Milan 1817.

5 Vergl. unten.

6 Mineralogie der Vulcane, a. d. Fr. Leipz. 1786. Recherches sur les Volcans eteints de Vivarais et de Velay. Par. 1778. fol.

7 Briefe zweier ausländ. Mineralogen über den Basalt. Zürich 1792.

8 Neuere Beobachtungen über die Vulcane Italiens u. am Rhein u. s. w. Frankf. u. Leipz. 1784. 8. S. 18.

9 Bibl. Brit. XVI. 223. u. a. v. a. O.

10 Instit. géol. a. v. O.

11 Beiträge zur Kenntnifs und Geschichte des Basaltes. Halle 1819.

ter zu dieser Ansicht übergegangen ist, und sie mit den triftigsten Gründen unterstützt hat[1], A. v. Humboldt[2], v. Hoff[3], Noeggerath[4], Boué[5], Beudant[6], v. Leonhard[7] und viele andere. Aufser manchen andern Beweisen hat mir allezeit ein sehr augenfälliger in dem Anblicke des Volcan de la Coupe[8] zu liegen geschienen, wo man noch deutlich sieht, wie die aus dem Krater geflossene Masse sich am Fufse des Berges in Basalt verwandelt hat. Ferner brachte Stanley von seiner Reise nach Island eine Basaltsäule mit, welche an ihrem unteren Theile aus eben der grauen, porösen Lava des Hecla bestand, die noch jetzt von diesem Vulcane ausgeworfen zu werden pflegt. In gröfserer Höhe wird das Korn des Gesteines dichter, und geht zuletzt in eine regelmäfsig geformte Basaltsäule über[9]. Als unwiderlegbarer Beweis dienen aber die Basalte, welche noch in neueren Zeiten bei der Entstehung des *Jorullo* in America gebildet sind[10], auch lassen sich diejenigen Veränderungen zur Unterstützung dieser Hypothese anführen, welche der Basalt in den von ihm berührten und überdeckten Felsarten hervorgebracht hat, und wobei der Einfluss grofser Hitze nicht zu verkennen ist[11], so dafs man hiernach nicht umhin kann, die Ursache seiner Entstehung den vulcanischen Kräften beizulegen, wodurch die, unter dem Einflusse der Hitze, des Wassers und hauptsächlich der Dämpfe umgewandelten, Felsarten zum Theil Lavenartig, zum Theil Breiartig aus den Kratern geflossen sind, und beim Uebergange in den festen Zustand ihre gegenwärtige Form angenommen haben.

Dafs auch der *Phonolith* den basaltischen Formationen an

---

1 Géognos. II. 601.

2 Geognost. Versuch u. s. w. S. 349. u. a. v. a. O.

3 Berlin. Magaz. Naturf. Freunde. V. 347. VII. 309.

4 Gebirge in Rheinland-Westphalen. I. 106.

5 Essay géognost. sur l'Écosse. p. 219. Mém. géol. sur l'Allemagne. p. 133.

6 Voyage minéralogique en Hongrie. a. v. O.

7 Charakteristik d. Felsarten. II. 540.

8 Faujas de St. Fond. a. a. O. p. 298. Eine Zeichnung des Berges findet man gleichfalls im Atlas zu Breislak's Inst. geol.

9 Zimmermann Taschenb. d. Reisen für 1804.

10 v. Humboldt a. a. O. S. 354.

11 v. Leonhard Charakteristik der Felsarten. II. 544.

gehöre, ist oben schon beiläufig erwähnt. *Verschlackter Basalt* (*Trachytischer Mühlstein*, *Rheinischer Mühlstein*), ein rauhes, blasiges, oft völlig schlackenartiges Gestein, seinen Bestandtheilen nach dem Basalte zugehörig, findet sich auf und neben dem Basalte, auf Thonschiefer, zuweilen auch unter dem Basalte. Die Felsart ist licht- und dunkel-grau, zuweilen unrein roth, braun und schwarz von Farbe, weit leichter zersetzbar als der Basalt, schliefst verschiedene andere Fossilien in sich, macht oft die obere Rinde der Basaltkuppen aus, bildet aber auch eigene kegelförmige Berge, und findet sich aufserdem in mächtigen Lagern.

Unmittelbar an den Basalt grenzt der *Dolerit*, und ist eigentlich nur als eine Abart desselben zu betrachten. Er besteht aus Feldstein oder Feldspath, zuweilen aus beiden, desgleichen aus Augit und Magneteisen, und ist von krystallinischem oder doch wenigstens körnigem Gefüge, welches mitunter so fein und dicht wird, dafs die Felsart völlig basaltisch scheint. Je nach dem Quantitativen der Gemengtheile ist der Dolerit verschieden, und wird durch stark vorwaltenden Augit mitunter ganz augitisch. Blasenräume sind in ihm nicht selten, und oft in solcher Menge vorhanden, dafs er zum eigentlichen Mandelsteine wird (*Dolerit-Mandelstein*, manche *Basaltische Mandelsteine*), und es sind dann diese Blasenräume entweder leer oder mit verschiedenen Steinarten erfüllt. Der Dolerit führt mehrere beigemengte Fossilien, und unter diesen auch *Olivin*, geht in Basalt und Wacke über, so dafs die Grenze zwischen ihm und dem ersteren nicht scharf bezeichnet werden kann, verwittert leicht, ist zuweilen geschichtet, zeigt aber auch regelmäfsig säulenförmige und kugelige Absonderungen und findet sich auf Basalt und Wacke, desgleichen auf Glimmerschiefer und andern älteren Gebirgsarten, zuweilen auch auf rothem Sandsteine gelagert. Der Ursprung des Gesteines ist wohl ohne Zweifel dem des Basaltes verwandt, auch wird er oft für Basalt angesehen. Ferner gehört zu ihm als Abart muthmafslich die *Lava vom Capo di Bove*, ein dunkelgrau-schwärzliches feinkörniges Gestein, aus Leuzit, Augit, Magneteisen, Nepholin und Melilith in verschieden wechselndem quantitativem Verhältnisse gemengt.

Mandelstein, *mandelsteinartiger Trapp*, (und manche *Wacken*) ein scheinbar gleichartiges, häufig zelliges, blasiges

oder schwammiges Gestein von grünlich-grauer und schwärzlicher Farbe, ist wahrscheinlich nicht sowohl ein eigenthüml. Felsgebilde, als vielmehr ein durch vielfache Einflüsse umgewandelter Basalt, Dolerit u. s. w. oder zum Theil schon zersetzte Lava. Gänzlich verwitterte Theile geben der Felsart dann ein geflecktes Ansehen. Auch in ihr finden sich gröfsere und kleinere, rundliche und in die Länge gezogene Blasenräume, welche theils leer sind, theils mit verschiedenartigen Gesteinen erfüllt. Als Einschlüsse enthält sie Augit, Feldspath, Glimmer, Hornblende und Grünerde, verwittert leicht und verwandelt sich in Thon oder in eine fette, fruchtbare Erde. Die Wacke steht mit dem Basalte, dem Dolerite, Phonolithe und verwandten Felsarten in unmittelbarer Verbindung, und bildet sowohl Lager als auch einzeln stehende, Pyramidenähnliche Berge.

Die *basaltischen Trümmergesteine*, *Basaltbrekzie*, *Basalttuff*, *Trapptuff*, *basaltische Conglomerate* lassen sich gleichfalls hier anreihen. Sie bestehen aus eckigen, öfter aus abgerundeten Stücken von Basalt, welche gröfser und kleiner, theils frisch, theils mehr oder weniger zersetzt sind, aus Bruchstücken von Basalt, Dolerit, Wacke und Mandelstein nebst Rollsteinen älterer und jüngerer Felsarten, selbst Fragmenten von verkohltem Holze, welches alles in einen Teig meistens aus zerkleinerten Trümmern derselben Substanz gebunden ist. In den eingeschlossenen Kalkstücken finden sich verschiedene Versteinerungen, nur selten einzelne im Gesteine selbst. Der *Trapptuff* ist ein steter Begleiter des Basaltes und einiger Flötztrappfelsarten, umgiebt die basaltischen Berge, und wechselt zuweilen mit Basaltlagen in Schichten, welche meistens flach fallend mitunter senkrecht stehen. Man erklärt seine Entstehung daraus, dafs die basaltischen Massen beim Emporquellen die verschiedenen Bruchstücke einhüllten.

c. *Lava*, eine im Innern der Vulcane durch Einwirkung des Feuers flüssig gewordene, und durch die Krater ausgeworfene Mineralsubstanz vom mehr Erdigen bis zur vollständig geflossenen Schlacke übergehend, verschieden an Farbe und bald schwammig locker, bald schlackenartig fest. Hauptbestandtheile derselben sind Feldspath, Leuzit, Augit und titanhaltiges Magneteisen in verschiedenem quantitativen Verhältnisse. Beigemengt sind Glimmer, zuweilen Olivin und vielleicht Hornblende, und aufserdem schliefst sie verschiedene, meistens zufällig hin-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

eingekommene Fossilien ein, Ueberbleibsel einer früheren Thier- und Pflanzenwelt sind ihr indefs ganz fremd. Die härteren Arten derselben verwittern sehr schwer, die weicheren und porö-seren leichter, und geben dann meistens einen sehr fruchtbaren Boden. Lagerungsverhältnisse lassen sich bei ihr nicht angeben, indem sie allezeit über vorhandene Gebirge in Strömen von ungleicher Breite und Mächtigkeit geflossen ist. Die *verschlackte Lava* hat ihren Namen von dem schlackenartigen Ansehen. Sie ist meistens schwarz, zuweilen braun, gelblich, grünlich oder grau, und begleitet die gemeine Lava.

Der *Bimsstein*, eine erhärtete schaumartige Lava (*pumex*, ursprünglich *spumex*, Lavaschaum[1]) von faseriger und gewundener Textur, perlmutterglänzend, meistens von schmutzig weifser, ins Gelbliche spielender Farbe, reihet sich den Laven als ähnliches Gebilde unmittelbar an. Die Bimssteinmassen schliefsen mitunter Bruchstücke verschiedener Felsarten ein, finden sich sehr häufig als grofse, abgerundete Blöcke, in einigen Gegenden selbst weit von Vulcanen zu ganzen Bergen aufgehäuft, und nicht selten auf dem Meere in solcher Menge schwimmend, dafs sie ganze Inseln bilden. Nicht alle Vulcane werfen denselben aus, einige aber liefern ihn in ungeheurer Menge.

Bimsstein-Brekzie, welche hier wohl am schicklichsten ihren Platz findet, begreift zwei Arten; die eine, in welcher die Bimsstein-Fragmente ohne Bindemittel zusammenhängen, die andere, in welcher sie durch ein Bimsstein-Cäment verbunden sind. Die erstere Art ist mehr fest und gleicht dem *blasigen Perlstein* etwas, in der zweiten ist der Bimsstein zu Sand zermalmt und nur in einigen Fragmenten noch kenntlich. Beide Arten sind im Allgemeinen von fremdartigen Einmengungen frei, eingeschlossen findet man aber Holzopal, vegetabilische Ausdrücke, Holzstücke und sogar auch Meeresmuscheln, hauptsächlich nur als Abdrücke. Dieses Conglomerat findet sich in gröfserer und geringerer Mächtigkeit in der Nähe des Perlsteins gelagert, mitunter von den Massen dieser Felsart ganz umgeben, und zeigt in seinem ganzen Verhalten unverkennbare Spuren eines sehr ruhigen Niederschlages.

d. Endlich gehören zu den vulcanischen Gebilden noch die Tuffe, deren es verschiedene Arten giebt. Dahin wird ge-

1 Vossii Etymol. sub voce pumex.

zählt der *eigentliche vulcanische Tuff*, auch *Wacke vom Monte verde*, *Pouzzolan-Gestein* genannt, eine mehr und weniger scheinbar gleichartige, lockere, weiche, fast zerreibliche Masse, gelblich oder schwärzlich braun, aschgrau und röthlich, mit mehr oder weniger fremdartigen Einmengungen und selten vorkommenden Pflanzen-Abdrücken. Das Gebilde ist ursprünglich vulcanisch, aber durch Wasser fortgeschwemmt, und hieraus abgesetzt, überdeckt daher auch die Felsarten der tertiären Formation, und findet sich hauptsächlich nur an der Südwestseite den Appeninen, namentlich in der Gegend von Rom.

Trafs oder *Terrafs*, eine erdige, unrein gelbe, ins Graue oder Braune übergehende Masse, worin sich Bimssteinstücke, Fragmente von Thonschiefer, Trachyt- und Basalt-Brocken u. s. w. finden, ist gleichfalls ein durch Wasser aufgeschwemmtes vulcanisches Conglomerat, welches in Lagern von 10 bis 20 F. Mächtigkeit die Thäler ausfüllt. Der *Posiliptuf*, eine blafsrothgelbe, oder gelblich weifse, erdige, spröde und leichte Masse mit einliegenden feinen Stücken Bimsstein und Lava, verdankt seinen Ursprung den Vulcanen mit nachfolgender Einwirkung des Wassers, und findet sich hauptsächlich an der Meeresküste oberhalb Neapel als steile, aus dem Meere hervorragende Felsen, desgleichen an den Ufern der Insel Teneriffa u. s. w. Ihm ist ähnlich der *Peperino*, eine wackenartige, meistens aschgraue, Masse von feinem Korne, mit einliegenden Bruchstücken von Augit, Glimmer, Magneteisen, Dolomit, Basalt, Lava u. s. w. und wird für vulcanische Asche gehalten, welche über weite Strecken durch wiederholte Auswürfe verbreitet und allmälig erhärtet ist. Er findet sich hauptsächlich in und unterhalb Rom. *Rapilli*, kleine Trümmer von Laven, von der Gröfse einer Haselnufs bis zu der eines Hühnereies, *vulcanischer Sand*, bis zur sandigen Form verkleinerte Lava und *vulcanische Asche*, welche oft bis zur mehlartigen Feinheit in ungeheurer Menge von den Vulcanen ausgeworfen wird, lassen sich hier anreihen.

6. In den erhabenen Theilen der Erdkruste, den Gebirgen, findet man ferner die *Gänge*. Man bezeichnet hiermit diejenigen Räume, welche ganz oder theilweise mit Mineralsubstanzen erfüllt sind, und die Gebirgsart selbst unter verschiedenen Winkeln durchschneiden, indem sie bald in gerader, bald in gekrümmter Richtung fortlaufen. Die den Raum erfüllenden, von

der Gebirgsart mehr oder weniger verschiedenen Fossilien nennt man gleichfalls Gang, genauer *Gangart*, *Gangmasse*, die Neigung der Gänge gegen den Meridian sein *Streichen*, gegen die horizontale Ebene sein *Fallen*, die Gebirgsart, worauf sie ruhen, das *Liegende*, die über ihnen befindliche das *Hangende*, ihre oft sehr bedeutende, bis zu 50000 F. fortlaufende Ausdehnung in der Richtung ihres Streichens die *Längenerstreckung*, die senkrechte Entfernung zwischen dem Hangenden und Liegenden oder dem sie einschliefsenden Gesteine aber ihre *Mächtigkeit*, welche von weniger als einem Zolle bis mehr als 140 F. beträgt. Die Gangart besteht bald aus einem bald aus mehreren verschiedenen, in mannigfaltig wechselnden Verbindungen vereinigten Mineralsubstanzen, welche häufig zu den vollkommensten Krystallen ausgebildet sind. Führt der Gang ganz oder zum Theil Erze, so heifst er *edel*, im entgegengesetzten Falle *taub*. Höhlungen innerhalb der Gangmasse (zuweilen auch auf ähnliche Weise in den Felsarten vorhanden), welche leer oder häufiger zum Theil, auch wohl ganz, mit Mineralien angefüllt oder nur auf ihren inneren Wandungen mit Krystallen überkleidet sind, nennt man *Drusenräume*. Endlich sind die Gangmassen von der begrenzenden Felsart, dem *Nebengestein*, entweder scharf getrennt, wobei die berührende Fläche der Gangmasse *Saalband* heifst, oder sie sind mit derselben verwachsen, wodurch letztere verschiedene Veränderungen erleidet, so wie auch die Gangmassen selbst auf mannigfaltige Weise in einzelne Lagen geschieden, theilweise zerklüftet, abgesondert und umgewandelt sind, die Gänge aber einander durchkreuzen, verrücken oder auch durch die Gebirgsarten verdrückt werden[1].

7. *Lager* nennt man diejenigen Mineralmassen, welche, entweder an sich oder rücksichtlich ihrer Structurverhältnisse von den einschliefsenden Felsarten verschieden, zwischen letzteren liegend angetroffen werden. In geschichteten Gebirgen bilden sie der Hauptgebirgsart ähnliche Schichtungen, in ungeschichteten aber für sich bestehende plattenförmige Abtheilungen. Ein Lager im Flötzgebirge heifst auch wohl schlechtweg *Flötz*, im aufgeschwemmten Lande aber *Bank*. Das Streichen und Fallen der Lager stimmt in der Regel mit dem der einschliefsenden

1 v. Leonhard Charakteristik der Felsarten. I. 26. Ueber den Ursprung der Gänge s. *Geologie*.

Gebirgsarten überein, und mehrere Lager des nämlichen Gebirges befolgen hierin meistens den nämlichen Parallellismus. Mit der *Sohle* ruht das Lager auf dem tieferen Gesteine, sein *Dach* begrenzt die Ausdehnung nach oben, die lothrechte Entfernung zwischen beiden, heifst die *Mächtigkeit* derselben, und wechselt von einigen Zollen bis zu vielen Lachtern[1]; ist dieselbe verhältnifsmäfsig grofs gegen die Längenerstreckung, so nennt man solche auch *Stöcke*.

Im Allgemeinen herrscht bei Lagern mehr Einfachheit und Gleichartigkeit, als bei den Gängen, sie führen weniger Krystalle, ihre bildenden Massen sind entweder in ziemlich gleichem Verhältnisse gemengt oder es ist *eine* einzelne Gebirgsart vorherrschend, auch führen sie Erze und heifsen dann *Erzlager*, sonst aber *Gesteinlager*, enthalten selten Drusenräume, und werden von Klüften, Adern und selbst von Gängen durchsetzt. Auf das begrenzende Gebirgsgestein üben die Lagermassen einen verschiedenen Einfluls aus, und es unterliegt wohl keinem Zweifel, dafs die Entstehung beider als gleichzeitig erfolgt anzusehen sey[2].

8. Die Erdkruste ist nicht überall dicht, sondern schliefst eine Menge bis jetzt bekannte und wahrscheinlich noch viele unbekannte Räume, die sogenannten *Höhlen* ein, deren Betrachtung aber für sich angestellt zu werden verdient[3].

9. Unter diejenigen Substanzen, welche in ausnehmend grofser Menge auf und in der Erdrinde verbreitet sind[4], gehört vorzüglich das *Kochsalz* (salzsaures Natron), welches auf-

---

1 Die Eisenlager sind unter den metallischen insbesondere auf der nördlichen Erdhälfte die mächtigsten. Nach L. v. Buch Reis. II. 241. befindet sich zu Junos-Suvando in Lappmarken der nördlichste Hohofen auf der Erde unter 67° 30′ N. B., und einige Meilen tiefer bei Torneoforfs ist abermals einer. Dort bilden die Eisenerze ganze Berge, die sich über die Oberfläche erheben. Die Lager bei Luossavara und Svappavara sind 34 und 38 Lachter mächtig, und im Eisenberge bei Kirunavara westlich von Jukasjerwi ist die Mächtigkeit des reinen Erzes schon 800 F. gesehen.

2 S. v. Leonhard a. a. O.

3 S. *Höhlen*.

4 An manchen Orten, wo das Salz bis jetzt noch rar ist, z. B. am Niger und im Innern von Guiana (nach v. Humboldt Reisen IV. 243.) liegt dasselbe vermuthlich nur tiefer, und ist daher noch nicht aufgefunden.

gelöset als Salzwasser oder fest, mehr oder weniger mit verschiedenen Substanzen verunreinigt, in einzelnen gröfseren oder geringeren Quantitäten, sehr allgemein vorkommt. Es findet sich vorzüglich im Wasser des Meeres und der salzigen Seen[1], und wenn das Salzwasser derselben über die Ufer tritt, sich dann in Niederungen sammelt, und durch den Einfluſs der Sonnenstrahlen verdunstet wird, so schieſst das Salz in Krystallen an, wie namentlich bei einem Teiche in der Nähe der Capstadt der Fall ist, aus welchem eine Menge Salz jährlich gewonnen wird[2]. Auch durch die sandigen Ufer der Salzseen, z. B. des todten Meeres und der sibirischen Seen dringt eine Menge Salzwasser, verdunstet, und macht die Umgegend durch den Salzgehalt unfruchtbar, oder liefert zugleich eine Menge Salz zum ökonomischen Gebrauche[3]. Unter die Gegenden, welche oft auf weite Strecken durch hervordringendes Salzwasser unfruchtbar werden, gehören vorzüglich die Nordküsten Africa's und Aegyptens, desgleichen weite Strecken in Persien und Armenien, in Cabulistan, insbesondere die Niederungen um das caspische Meer und den See Aral, z. B. ein Theil der kirgisischen Steppe u. a. m.

Hauptsächliche Aufmerksamkeit verdienen aber die gröfseren und geringeren, zum Theil ganz ungeheuern *Lager von Steinsalz*. Dieses kommt zum Theil in grofsen Blöcken vor, und läfst sich aus denselben in grofse Würfel spalten. Es ist seltener ganz rein, wasserhell und fast durchsichtig, welches dann zerstofsen ein Salz wie feines Mehl und schneeweifs liefert, öfterer ist es grau bis zum schwärzlichen, röthlich, gelblich, bläulich auch grünlich. Das ganz wasserhelle liegt meistens als Kugeln, seltener als Würfel in dem gefärbten, meistens in gröfserer Tiefe. Beigemengt finden sich demselben nicht häufig vegetabilische Substanzen meistens im verkohlten Zustande. Das Steinsalz bildet Schichten und Bänke, bei denen sich aber kein regelmäfsiges Streichen und Fallen zeigt, indem sie bald mächtiger, bald geringer werden, sich unordentlich biegen und krümmen. Oft sind die Flötze von gröfserer Mächtigkeit, öfterer findet man blofse Stöcke, welche mit Salzthon

1 S. *Meer; Seen.*

2 Lichtenstein Reisen. I. 556.

3 Ueber die Salzquellen. S. *Quellen.*

und Salzgyps wechseln, beide fast stete Begleiter des Steinsalzes. Die Hauptniederlage desselben scheint im Alpenkalke, theils zwischen diesem und dem bunten Sandsteine zu seyn, indem letzterer dann unten sehr thonig und mergelich wird. Aufserdem findet man dasselbe in partiellen Formationen gelagert, welche theils der Uebergangs- theils der jüngern Flötzzeit zugehören, und es ist dann mit Gyps, Stinkkalk, Salzthon u. a., oder auch mit Gerölle überdeckt, oder geht in seltenen Fällen selbst zu Tage aus[1]. Als solche Gegenden, in denen es vorzugsweise in grofsen Lagern vorkommt, können genannt werden die Stadt *Cardona* in Catalonien, 16 Lieues von Barcellona, woselbst sich ein zu Tage ausgehender Salzberg von etwa 300 F. Höhe befindet. Die Stadt selbst liegt 411 Meters über dem Spiegel des mittelländischen Meeres, und 138 Met. über dem Spiegel des kleinen Flusses Cardonnero, in welchen das vom Salzberge abfliefsende Regenwasser fällt, ohne dafs sein Wasser bedeutend hierdurch gesalzen würde. Die Auflösung des festen Steinsalzes durch das Regenwasser ist nämlich unbeträchtlich, weil es schnell von der Oberfläche abfliefst, weswegen auch das Volk den Berg für unzerstörbar hält, jedoch nimmt er nach Cordier jährlich etwa 4,7 F. an Höhe ab[2]. Die reichen und ausgebreiteten Salzquellen *Lothringen's* verdanken ihren Ursprung einem unermefslichen Salzlager[3], auch ist dasjenige sehr mächtig, welches neuerdings in und um *Wimpfen* am Neckar durch Bohrversuche aufgefunden wurde[4], ohne dafs jedoch bei beiden das Steinsalz selbst aus der Tiefe gefördert wird. Ausnehmend reich sind ferner die Salzgruben im *Salzburgischen*, am gröfsten, bekanntesten und merkwürdigsten aber sind die bei *Wiliczka* und *Bochnia*, aus denen ein grofser Theil von Polen und Schlesien mit seinem Salzbedarf versehen wird. Es wird von diesen schon seit dem Jahre 1237 geredet, und durch das beständige Ausbringen des Salzes sind daselbst künstliche Höhlen gebildet, welche zu den gröfsten in der Welt gehören. Die im Salze ausgehauenen, gröfsten-

---

1 v. Leonhard Charakteristik der Felsarten. II. 290.

2 Cordier in J. de Ph. LXXXII. 344. Vergl. Bakewell Einleitung in die Geologie, übers. v. Müller. S. 91.

3 J. de Ph. LXXXIX. 395. u. 473. G. LXIV. 145.

4 Vergl. G. LXIV. 219.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

theils durch stehen gebliebene Säulen von Salz gestützten Gänge laufen auf 2000 Lachter von N. nach S. und 400 von O. nach W., sind so breit, dafs zwei Wagen neben einander fahren können, und an 40 F. hoch. Man findet mehrere Säle darin, und sollen diese sogar über einander sich befinden, indem das Ganze aus drei Stockwerken besteht, zu deren oberen man durch 30 Schachte und eine Windeltreppe, zu den beiden unteren aber durch Treppen, im Salze selbst gehauen, gelangt. Man findet dort mehrere Capellen mit Altären, Heiligenbildern, gewundenen Säulen, Kanzeln, Sitzen, Beichtstühlen, Leuchtern u. s. w., alles aus Steinsalz gehauen. Frisch ausgehauene Räume geben durch Lichtbrechung und Spiegelung ein Ansehen von Edelsteinen, bald aber werden die Gegenstände durch Lampenrufs von den vielen brennenden Fackeln überzogen. Dort sind unterirdische Magazine von Salz, von Heu und Stroh für Pferde, nebst Stallungen für 20 bis 30 derselben, indem die für die Arbeiten herabgelassenen nicht wieder heraufkommen, und sich wohl befinden, aufser dafs sie von dem blitzenden Lichte leicht erblinden. Die Arbeiter werden dreimal binnen 24 Stunden abgelöset, und arbeiten also jedesmal 8 Stunden; ihre Zahl wird im Ganzen auf 800, die der Officianten auf 60 angegeben. Es giebt verhältnifsmäfsig wenig Wasser dort, und man kann überall trocknen Fufses gehen, dennoch giebt es aber einige Seen darin, und sogar eine Quelle süfsen Wassers. Gleich mächtig ist wohl das Salzflötz in *Siebenbürgen*, dessen Länge man zu 170 deut. Meil. bei einer Breite von 15 bis 20 M. berechnet. Die Grube zu *Kotosch* gab im Jahre 1772 jährlich 144000 Stein zu 80 bis 90 ℔., die zu *Torda* 145860 Stein. Man rechnet, dafs jene Gegend jährlich fast eine Million Ct. liefert, und eine halbe Million, welche in Stücken über die Halden geworfen werden[1].

In *Africa* ist das Salz an einigen Orten rar, an der Nordküste und in der Wüste dagegen werden die Brunnen leicht salzig und dieses deutet allerdings auf unbekannte Salzlager. In grofser Menge und einen wichtigen Handelsartikel bildend findet sich dasselbe aber unweit *Baylur* in *Habesch*[2], desgleichen an

1 Guettard in Mém. de l'Ac. 1762. 493. Lichtenb. Mag. I. 30. Journ. des Mines XXIII. 280. Vergl. I. Kant. physische Geographie. Hamb. 1817. II. 2. S. 129.

2 Bruce Travels. III. 111.

der Grenze der Sahara nach Tombuktu hin, u. a. a. O. *Asien* ist an einigen Orten vorzüglich reich an unerschöpflichen Salzlagern. Dahin gehören namentlich die Umgegenden des todten Meeres, wo viele felsenartige Salzmassen über die Erde hetvorragen, welche zu der Sage von der Verwandlung von Lot's Frau in eine Salzsäule Veranlassung gegeben haben, und wird diese vermeintliche Säule daher von den Reisenden an verschiedene Orte gesetzt, je nachdem sich hier und dort solche Salzblöcke finden. Die Araber haben seit undenklichen Zeiten das Salz von dort weggeführt, ohne dafs eine Abnahme wahrgenommen wird. Am merkwürdigsten ist aber ein Salzberg, gröfser als der spanische, nahe bei der Stadt *Callabagh* am Indus. Dieser Flufs drängt sich dort durch Felsen, und gegenüber befindet sich der genannte Berg von Salz, an dessen Fufse ein Weg durch dieses Mineral gehauen ist, welcher sich an einigen Stellen gegen 100 F. über den Spiegel des Flusses erhebt. Das Salz ist hart, hell und fast rein, und würde wie Krystall aussehen, wenn es nicht an einigen Stellen roth gestreift wäre. Aus dem Salzfelsen brechen einige Quellen hervor, und überziehen den Boden mit einer blendend weifsen Kruste[1]. In *Peru* findet sich das Salz in einer Höhe von 9000 F. über der Meeresfläche, auch in Chili ist es in Menge vorhanden[2], und die Wüste zwischen Ametope und Coquimbo enthält nach Huaura hin eine reiche Steinsalzgrube. Ueberhaupt ist in Südamerica der östliche Theil arm, der westliche reich an Salz[3].

Die vielen sonstigen gewöhnlichen Salzlager und die zahlreichen Salzquellen müssen hier unerwähnt bleiben.

10. Viele Aufmerksamkeit haben von jeher die *fossilen Kohlen* erregt, welche man sehr allgemein und von verschiedenen Arten als Bestandtheile der Erdrinde antrifft. Man unterscheidet hauptsächlich

a. *Schwarzkohlen*, zu denen die Blätterkohle, Stangenkohle, Kannelkohle, Rufskohle, ein Theil der Pechkohle, Grobkohle und mineralische Holzkohle gehört.

---

1 Elphinstone Reise nach Cabul. d. Ueb. Th. I. S. 60.

2 Kotzebue Reis. III. 29.

3 Voyages dans l'Amérique méridionale par Don Felix de Azara. cet. Par. 1809. IV Tom. 8. Eschwege bei G. LIX. 126.

b. *Braunkohlen*, wozu man rechnet die Pechkohle, gemeine Braunkohle, Bastkohle, Moorkohle, Erdkohle und bituminöses Holz. Beide genannte Arten gehen in einander über, und sind im Einzelnen oft schwer zu unterscheiden, hängen aufserdem mit einigen andern, nachher zu erwähnenden verbrennlichen Mineralien nahe zusammen. Einige Mineralogen rechnen zu den Steinkohlen (houille) blofs diejenigen, welche sich im Feuer aufblähen, zusammenbacken, mit einer rufsigen Flamme brennen, bei einem starken Luftzuge eine starke Hitze geben, entzündet aber im Strome des Löthrohres wieder verlöschen; unter Braunkohlen (lignites) aber solche, welche im Feuer reifsen, sich an Umfang vermindern, eine helle Flamme aber weniger Hitze geben, und entzündet im Luftstrome des Blaserohres weiter brennen[1]. Man kann auch als chemische Bestimmung angeben, dafs die Combustibilien dieser Art aus Bitumen, Kohle und erdigen Theilen bestehen. Ist die Kohle überwiegend, nur wenig Bitumen vorhanden und fehlen die erdigen Theile, so giebt dieses die Kohlenblende oder den *Anthracit;* wenn dagegen die Menge der erdigen Theile gröfser ist, die der Kohle aber geringer, so ist es *bituminöser Schiefer;* reines Bitumen dagegen, mit wenig Kohle und erdigen Theilen liefert *Asphalt*. *Schwarzkohle* sowohl als auch *Braunkohle* bestehen aus Kohle und Bitumen mit unbedeutendem und aufserwesentlichem Antheile erdiger oder auch metallischer Stoffe, ein wesentlicher Unterschied des Qualitativen und Quantitativen ihrer Bestandtheile ist aber noch nicht nachgewiesen, sobald die letztere sich von bituminösem Holze völlig entfernt, also keine auffallend sichtbare Spuren ihres organischen Ursprunges mehr an sich trägt. Uebrigens finden sich die verschiedenen Arten beider an den nämlichen Orten, ja sogar an einzelnen Stücken zeigt sich ein Uebergang beider in einander. So beobachtete Hatchet unter den Braunkohlen von Bowey Theile kaum veränderter Pflanzen bis zur völligen Steinkohle[2], und Playfair besafs ein Exemplar, woran die Holzstructur an einer Stelle noch völlig sichtbar, an einer andern aber die voll-

1 Nach L. Gmelin's mündlicher Mittheilung.

2 Vermuthlich würde das oben angegebene Kennzeichen den Unterschied wahrnehmbar gemacht, und gezeigt haben, dafs alles blofs zur Classe der Braunkohlen gehörte.

endete glänzende und im Bruche fast glasige Kohle erschien. Es war von der Insel Sky, und lag unter Basalt[1].

Die Steinkohlen kommen der Regel nach in horizontalen Schichten von wenigen Zollen bis zu 6 Lachtern Mächtigkeit vor, deren an einigen Orten mehrere, sogar bis 50 oder 60 über einander liegen. Sie erscheinen in manchen Gesteinen als fremdartige Lager, und haben als eigenthümliches Steinkohlengebilde Schieferthon, Brandschiefer, Kohlensandstein, Thoneisenstein und Trümmergestein zu Begleitern. Das Steinkohlengebilde ruht theils auf Urgebirgen, theils auf Uebergangsfelsarten, und ist von Muschelkalk und Felsarten neuerer Formation bedeckt. Bei Sta-Fe-de-Bogota liegen sie in einem Thale 2200 Toisen über der Meeresfläche, bei Whitehaven dagegen gehen sie meilenweit unter das Meer, vielleicht bis 1000 F. unter dasselbe, wenn gleich Franklin's Angabe übertrieben seyn mag, dafs er das Meer 4000 F. über sich gehabt habe[2]. Ueberbleibsel und Abdrücke von Pflanzen und Thieren enthalten sie selbst nicht, wohl aber die sie einschliefsenden Gesteine. In den Braunkohlen dagegen findet man zahlreiche Reste von Pflanzen, welche in einigen sogar ihre ganze Structur beibehalten haben, ganze Baumstämme von 9 F. Länge, aus der Thierwelt aber kommen weit häufiger Land- und Süfswasserbewohner, als solche vor, welche dem Meere angehören. Auch die Braunkohlen finden sich in Schichten von einigen Zollen bis zu 6 oder 8 Fufs und darüber auf jüngeren Felsarten als die Schwarzkohlen, und unbedeckt oder durch die jüngsten Gebilde überlagert. Beide, sowohl Schwarzkohlen als auch Braunkohlen haben sehr oft den Basalt zum Begleiter, z. B. beim Riesendamme in Irland, in der Auvergne, am Meisner im Hessischen, auf der Bolca bei Verona u. s. w.

Zu den Steinkohlen mufs auch der sogenannte *Surturbrand* gerechnet werden, welcher der Insel *Island* eigenthümlich ist. Am häufigsten und zuweilen ausschliefsend wird derselbe nach Garlieb da gefunden, wo neptunische Bildung vorherrschend ist, und zwar der Beschreibung nach in drei verschiedenen Lagern, deren erstes 600 F. über dem Meere erhaben ist, das zweite 150 F., das dritte aber sich fast im Spiegel desselben

1 Journ. des Mines XVIII. 195. Breislak Inst. Géol. II. 239.
2 Bibliothek d. Reisen. XLIII. 183.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

befindet. Zwischen ihnen sind Lager von verschiedenen, mitunter vulcanisch veränderten Steinen, doch sollen auch diese abgerundet und sichtbar durch Anschwemmung herbeigeführt seyn. Henderson[1] fand vier Lagen über einander durch Schichten von weichem Sandstein und Thon getrennt, und 1,5 bis 3 F. mächtig. Die beiden unteren sind rein von fremden Körpern, zeigen Holzknoten, Wurzeln und Kringe der verschütteten Bäume, welche letztere dicht neben einander liegen und von der aufruhenden Last platt gedrückt scheinen. Das dritte Lager ist von Eisen durchdrungen, sehr hart und schwer, aber weniger schwarz; das vierte ist eine mit vieler Erde gemischte Kohle. Die mittleren Lager enthalten *Gagat*, sind überhaupt am härtesten und einer guten Politur fähig. Zwischen der zweiten und dritten Lage ist eine etwa 4 Z. dicke blätterige Lage, welche sich oft zu Papieresdicke spalten läfst, und dann zeigen die Stücke auf beiden Seiten die schönsten Abdrücke von Blättern mit allen ihren Fasern und Rippen, aus denen man, so wie aus der Beschaffenheit der Stämme auf die Art des Holzes schliefst, woraus der Surturbrand gebildet wurde, indem man darin die an den nordamericanischen Küsten einheimische populus tremula und takkamahaka zu erkennen glaubt. Der Ursprung dieser Steinkohle ist daher rücksichtlich der Substanz nicht zweifelhaft, jedoch ist nicht entschieden, ob sie aus Treibholz oder aus einheimischen Waldungen gebildet ist. Für die letztere Hypothese spricht der Umstand, dafs der Surturbrand nach Henderson sich allezeit an der andern Seite eines Hügels in gleicher Höhe findet, wenn er an der einen gelagert ist[2].

Der Ursprung der Steinkohlen ist im Allgemeinen nicht zweifelhaft, indem man aus unverkennbaren Zeichen wahrnimmt, dafs sie aus verschütteten Vegetabilien gebildet sind. Braunkohlen entstanden aufserdem aus Baumstämmen und Landpflanzen; ob sich dieses aber auch von den Schwarzkohlen behaupten läfst, ist nicht ausgemacht, indem einige Geognosten sie vielmehr aus Seepflanzen entstehen lassen, welcher Hypothese indefs das Argument der Mächtigkeit der Kohlenlager entgegensteht, indem man nicht wohl begreift, auf welche Weise See-

---

1 Island. II. 110.

2 Vergl. Vargas Bedemar om vulcanske Producter fra Island. Kopenh. 1817.

pflanzen an einem Orte in solcher Menge aufgehäuft wurden. Holz dagegen lieferten die Urwälder in unermefslicher Quantität, und noch jetzt wird es in solcher Menge als Treibholz auf der See getroffen und später im aufgeschwemmten Sande derselben begraben, dafs es den Lauf der Schiffe, insbesondere an den Mündungen der grofsen americanischen Ströme, hemmt. Durch welche Bedingungen dasselbe aber in Steinkohlen verwandelt wurde, ob dabei Hitze mitwirkte, und die gleichzeitig begrabenen thierischen Stoffe einen Einfluſs hatten, ist noch nicht ausgemacht.

12. Man findet ferner in gröfseren und geringeren Tiefen verschiedene Fossilien, welche nach überwiegenden Gründen aus zerstörten und umgewandelten organischen Stoffen entstanden sind, oder mindestens hauptsächlich aus Kohlenstoff bestehen, deren nähere Beschreibung aber in die Oryktognosie gehört[1]. Dahin sind zu rechnen a. der *Bernstein*, eine wahrscheinlich aus Baumharz entstandene Substanz, durchscheinend bis durchsichtig, welche häufig Insekten, selten kleine Fische einschliefst, und am häufigsten an den östlichen Küsten der Ostsee, als einzelne kleinere Bruchstücke aber vielfach in allen Welttheilen gefunden wird. b. *Retinit* oder *Retinasphalt*, eine meistens braune, fettglänzende Masse. c. *Hatchetin*, eine weiche, talgartige, dem Bergöl verwandte Substanz. d. *Erdöl*, welches von der hellsten Naphtha bis zum dichtflüssigsten Oele einen Uebergang zum Asphalte bildet, und in perennirenden Quellen meistens zugleich mit Wasser emporquillt[2]. e. *Asphalt* oder *Erdpech*, in gröfster Menge im todten Meere und sonst vielfach vorkommend, nebst dem ihm verwandten, in Khorassan sparsam vorhandenen, wohlriechenden *Bergbalsam* und dem *Munjak*, welches vom See in der Champechebay in Mexico ausgeworfen wird. f. *Elaterit* oder *fossiles Cautchouc* (Dapêche).

13. Die vielen Versteinerungen, überhaupt die zahlreichen und wunderbaren Ueberreste früher existirender organischer Geschöpfe, welche die Erdrinde einschliefst, haben seit den ältesten Zeiten, insbesondere aber seit dem Anfange des vorigen

---

1 v. Leonhard Handbuch der Oryktognosie. 2te Aufl. Heidelb. 1826. S. 791.

2 Vergl. *Quellen.*

Jahrhunderts die Aufmerksamkeit der Menschen erregt, und es mufs auch den Physiker die Frage interessiren, durch welche Naturkräfte und unter welchen physischen Veränderungen der Erde sie ihre jetzige Beschaffenheit erhalten und an den gegenwärtigen Ort ihrer Lagerung gekommen sind. Inzwischen würde eine auch nur kurze Behandlung dieses Gegenstandes hier zu viel Raum einnehmen, und erfordert daher einen besonderen Artikel[1].

VII. Aeufsere Gestalt der Erdoberfläche.

Die Oberfläche der Erde ist uns durch die vielen Reisen allmälig in einem hohen Grade genau bekannt geworden, mit Ausnahme ihrer beiden polarischen Zonen, indem es selbst noch unbekannt ist, ob unter den Polen Land oder Wasser befindlich sey. Man hat aus theoretischen Gründen Land daselbst angenommen, weil ungeheure Eismassen die Seefahrer bisher gehindert haben, bis unter die Pole zu dringen, und man voraussetzte, das freie Meer könne nicht gefrieren, mithin müsse unter den Polen Land seyn, an dessen Küsten dieses Eis erzeugt werde. Allein dieser Grund fällt weg, da die in den Polarmeeren bewandertsten Reisenden, namentlich der erfahrenste unter allen, Scoresby, das Gefrieren des offenen Meeres nicht in Zweifel stellen[2]. Ein anderer Grund, wonach unter dem Südpole sich ein grofses Continent befinden soll, nämlich um das Gleichgewicht beider Halbkugeln herzustellen und die gröfsere Ländermasse der nördlichen zu compensiren, ist noch weniger zulässig, weil es eines solchen Gleichgewichtes gar nicht bedarf[3]. Jüngsthin hat zwar Smith aus Blythe in Northumberland unter 62° 30′ S. B. und 60° W. L. von Greenwich Land entdeckt, Neu-Schottland genannt, wovon es noch fraglich ist, ob es der Anfang eines gröfseren Continentes oder blofs eine Inselgruppe sey, allein das Letztere ist bis jetzt am wahrscheinlichsten[4]. Ueberhaupt aber sind die Seefahrer noch nicht weit genug nach dem Südpole hin vorgedrungen, um über die dortige Beschaffenheit der Erde mit einiger Sicherheit urtheilen zu können[5], und die Versuche, dort weiter zu kommen, als bis-

1 S. *Versteinerung.*
2 Vergl. oben Th. III. S. 140.
3 Vergl. Buache in Mém. de l'Ac. 1757. p. 190.
4 Nouvel. Ann. des Voyages. 1823. Fev. p. 237.
5 Vergl. oben V. C. 3.

her gelungen ist, bieten im Verhältnifs des zu erwartenden glücklichen Erfolges so übermäfsige Schwierigkeiten dar, dafs das von Smith schon im Jahre 1820 entdeckte Land rücksichtlich seines Umfanges noch nicht einmal hinlänglich untersucht ist. Die am weitesten nach dem Pole zu bekannten Inseln Peter I. und Alexander I., beide unter 69° 30′ S. B., welche Bellinghausen 1821 entdeckte, waren so von Eise umgeben, dafs er daselbst nicht landen konnte[1]. Eben so unfruchtbar und öde sind die südlichen Orcaden, welche Capt. Weddel 1821 unter 60° 45′ S. B. und 45° W. L. von Greenwich entdeckte, und sowohl damals, als auch in den beiden folgenden Jahren jene hohen südlichen Breitengegenden so lange untersuchte, dafs die Erwartung eines Continentes daselbst stets mehr verschwinden mufs[2].

Ungleich besser sind zwar die nördlichen Polargegenden bekannt, allein dennoch keineswegs so genau, als von den zahllosen aufgewandten Bemühungen und den vielen unter den härtesten klimatischen Einflüssen aufgeopferten Menschenleben kühner und beharrlicher Seefahrer billig zu erwarten wäre. Das Bestreben, einen kürzeren Weg von Europa nach Ostindien aufzufinden, als der höchst beschwerliche um das Vorgebirge der guten Hoffnung oder durch die Magellanische Meerenge ist, hat seit Jahrhunderten die seefahrenden Nationen beschäftigt, und dieser Gegenstand ist insbesondere seit 1818 mit ununterbrochenem Eifer von den Britten betrieben. Hierbei kam es hauptsächlich auf die Fragen an, ob das eigentliche Polarmeer unmittelbar unter dem Pole und den nächstliegenden etwa 10 Breitengraden nach allen Seiten hin frei von Eise sey, wie hauptsächlich Barrington[3] behauptet hat, und auch andere aus den Nachrichten holländischer Grönlandsfahrer und früherer Reisenden schliefsen wollten[4]; oder ob man aus der Hudsons- noch directer der Baffins-Bay durch ein die Nordküsten America's begrenzendes Meer in westlicher oder nordwestlicher Richtung

1 Brewster's Journ. II. 353.

2 Edinb. Phil. Journ. No. XXIII. 149.

3 The possibilities of approaching the North-Pole asserted by the Hon. D. Barrington. A new ed. with an appendix by Beaufoy. Lond. 1818.

4 A chronological history of voyages into the arctic regions cet. by J. Barrow. Lond. 1818.

die Behrings-Strafse erreichen könne; oder endlich ob von den obersten Küsten Norwegens aus oberhalb Nowaja-Semlia, oder auch zwischen dieser Insel und dem Continente hin das die Küsten Sibiriens bespühlende Meer den Schiffen eine freie Durchfahrt verstatte. Als Nebenfragen standen hiermit in Verbindung, ob die Küsten Sibiriens und Nordamerica's überall vom Meere bespühlt seyen, oder unbekannte Länder ganz oder nahe zum Pole hin sich erstreckten, desgleichen ob America und Asien durch die Behrings-Strafse völlig getrennt sind, oder diese Durchfahrt nur in einen grofsen Meerbusen führe.

Nach den Resultaten der bisherigen zahllosen Bemühungen werden wir schwerlich jemals zu einer völlig genauen Kenntnifs der nördlichen Polarzone gelangen, so sehr auch die Anstrengung in den jüngsten Zeiten gesteigert ist, und die vielfachen Mittel, diesen Zweck zu erreichen, vervollkommnet sind. Dasjenige aber, was bis jetzt als das Resultat der uneigennützigsten und angestrengtesten Bemühungen, insbesondere der Engländer und der Russen, als nahe völlig ausgemacht erscheint, kommt im Wesentlichen auf Folgendes hinaus.

1. Die Nordküsten Sibiriens sind zwar noch keineswegs genau astronomisch bestimmt, allein es ist wahrscheinlich, dafs sie im Allgemeinen so sind, als man sie auf den neuesten Charten angegeben findet, und dafs sie überall vom Meere bespühlt werden. Die noch gegenwärtig statt findenden durch das russische Gouvernement veranstalteten schwierigen Bemühungen, diese Küsten näher zu untersuchen, welche die gelehrte Welt mit dem gröfsten Danke anerkennen mufs, werden hierüber nähere Auskunft geben[1].

2. Noch weit weniger kennen wir die nördliche Küste America's. Manche ältere Angaben hierüber, namentlich Maldonado's und Bernarda's Reiseberichte, ersterer angeblich von 1588, letzterer von 1640 sind entschieden untergeschoben[2], dagegen bestätigen sich die wenigen Nachrichten von

---

1 Vergl. Revue Encyc. 1824. Oct.

2 Diese fabelhaften Reisebeschreibungen, welche dem spanischen Ministerio übergeben seyn sollen, wurden erst durch Walkepaer in seiner Biographie universelle und durch Amoretti im Jahre 1812 bekannt gemacht. Vergl. v. Lindenau in Mon. Cor. XXVI. 413. Malte-Brun Annales des Voy. Cah. 63. Neuerdings ist abermals ein Versuch gemacht, die Aechtheit des Reiseberichtes zu rechtfertigen.

Mackenzie und Hearne, insbesondere aber machen die mühsamen und gefährlichen Untersuchungen von Franklin und Parry es im höchsten Grade wahrscheinlich, dafs auch die Küsten des nördlichsten America's mit einigen unbestimmbaren Abänderungen diejenige Gestalt haben, welche auf den neuesten Landcharten abgebildet ist. Auf allen Fall läfst sich aus vielen Gründen, namentlich wegen einer mit der Ebbe und Fluth zusammenhängenden Strömung des Meeres bei der Insel Melville annehmen, dafs sie durch ein Meer bespühlt werden, welches ohne Unterbrechung vom sibirischen Polarmeere anfangend durch die Lancaster-Strafse mit der Baffinsbay, und somit, wahrscheinlich auch durch einen oder mehrere Ausgänge in die Hudsonsbay mit dem atlantischen Oceane zusammenhängt.

3. Wenn man einige Male im sibirischen Polarmeere Land angetroffen haben will, so bleibt es immer zweifelhaft, ob solche Beobachtungen des ewigen Eises jener Gegenden wegen überhaupt möglich waren. Inzwischen ist die Anwesenheit von Land in jenen Gegenden nicht unmöglich, es ist jedoch nicht wahrscheinlich, selbst wenn die neuerdings projectirte Reise von Spitzbergen aus bis unter den Nordpol wirklich zu Stande kommen sollte, dafs jemals wirklich ausgemittelt werden wird, ob dieses nur einzelne Inseln sind, oder die Küsten eines gröfseren Polar-Continentes.

4. Parry hat bei seinem Aufenthalte auf der Melville-Insel allerdings Spuren erhalten, welche es wahrscheinlich machen, dafs über jene Insel hinaus noch Land vorhanden ist, ob aber blofs Inseln oder ein Polar-Continent ist gar nicht mit Wahrscheinlichkeit bestimmbar.

5. Es ist zwar kaum zweifelhaft, dafs die Baffinsbay oben geschlossen sey. Wie weit aber das nördlichste Grönland sich erstrecke, nach welcher Richtung seine Küsten laufen, ob und in welchem Zusammenhange es mit einem möglichen eigentlichen Polar-Continente stehe, alles dieses bleibt vielleicht für immer unausgemacht[1].

---

1 Die wichtigsten Werke der hierher gehörigen weitläufigen Literatur sind aufser den schon erwähnten Werken von Barrington und Barrow noch: A chronological History of north-western voyages of discovery; by Cp. J. Burney. Lond. 1819. Mémoires et observations géographiques et critiques sur la situation des pays septentrionaux. Lausanne 1765. 4. Modern Voyages and Travels. Lond. 1819. Jons

Es kann hiernach also nicht mit Sicherheit bestimmt werden, wie viel von der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt sey, oder Land ausmache, inzwischen entfernt man sich nicht weit von der Wahrheit, wenn man die Ausdehnung des ersteren zu $\frac{2}{3}$, des letzteren aber zu $\frac{1}{3}$ annimmt. Indem aber über das Meer, seine Gröfse, Gestalt, Tiefe und übrige Beschaffenheit, seine Küsten, den Meeresboden u. s. w. in einem besonderen Artikel[1] gehandelt wird, so beschränke ich mich hier auf einige Hauptcharaktere des Landes, soweit dieses der physischen Geographie zugehört[2]. Die ganze Oberfläche der Erde ist oben (Absch. III.) = 9260500 geogr. Quad. Meilen gefunden. Hiervon rechnet man in genäherten Werthen[3]

Für Europa	171834	Quad.	Meil.
— Asien	641093	—	—
— Africa	531638	—	—
— America	572110	—	—
— Neuholland	143000	—	—
— Alle Inseln	1000000	—	—
Zusammen	3059675	—	—

Nicht nach der Ländermasse, wohl aber rücksichtlich der trennenden Meere läfst sich die Erde als aus zwei Hälften bestehend ansehen, deren eine das sogenannte alte, die andere aber das neue Continent oder America ausmacht. Noch ungleicher ist

---

Ross Voyage of discovery. cet. Lond. 1819. Journal of a Voyage for the discovery of a north-west passage etc. performed under the orders of W. E. Parry. Lond. 1821. 4. (beide auch deutsch erscheinen). Journal of a third Voyage for the Discovery of a North-West Passage from the Atlantic to the Pacific; performed in the year 1824—5. Lond. 1826. 4. (Diese und Franklin's Reise sind so eben in einer Taschenausgabe erschienen). An account of the Arctic Regions cet. by W. Scoresby. 2 Vol. 8. Edinb. 1820 in der Einleitung. Kotzebue's Reise. III. 157. Burney in Phil. Trans. 1818. p. 9. Lapie in Nouvelles Annales des Voyages par Malte-Brun. XI. p. 1 ff. Quartely Review 1818. June p. 446 u. v. a. J. Lea in Silliman's American Journ. X. 138. u. v. a.

1 Vergl. *Meer*.

2 In der Darstellung folge ich im Allgemeinen dem classischen Werke von Carl Ritter die Erdkunde u. s. w. bis jetzt II Vol. 8. Einzelne Quellen sind besonders angegeben.

3 J. E. Bode Anleitung zur allgem. Kenntnifs der Erdkugel. §. 58.

indefs die Vertheilung des Landes, wenn man den Aequator als Scheidungslinie zweier Erdhälften betrachtet, indem weniger als ein Dritttheil der gesammten Ländermasse auf der südlichen Halbkugel liegt. Aus dieser Ursache laufen die grofsen Continente der nördlichen Halbkugel nach der südlichen hin in Spitzen aus, unter denen drei die gröfsten und einander sehr ähnlich sind, wie schon Baco[1] bemerkte, wenn auch übrigens das Land auf beiden Erdhälften durchaus regellos gestaltet, durch zahllose Buchten eingeschnitten und durch mannigfaltigst gekrümmte Ufer begrenzt ist.

Einer natürlichen Abtheilung folgend könnte man zwei Welttheile annehmen, deren jeder eine Hälfte der Erdkugel bedeckte, und beide durch eine schmale Meerenge, die Behringsstrafse geschieden wären, indem oft gesuchte gröfsere und auffallendere Harmonieen in der Wirklichkeit nicht vorhanden sind. Auf der einen Halbkugel bildet *Africa* einen völlig begrenzten Theil, und hängt durch eine kurze Landstrecke mit Asien zusammen, welches letztere dagegen mit Europa ein einziges Ganzes bildet, indem die begrenzenden Gebirge, der Kaukasus und Ural, keine eigentliche Scheidung bilden. Aufserdem besteht Africa aus zwei grofsen, fast gleichen Hälften, dem südlichen Hochlande und dem nördlichen Flachlande; das Innere desselben ist gröfstentheils noch unbekannt. *Asien* ist im Ganzen bei weitem am grofsartigsten gestaltet. Ohngefähr in der Mitte desselben befindet sich ein ungeheures Hochland, von welchem aus die Gebirgsketten sich nach allen Seiten weithin erstrecken. Der westliche Theil bildet ein eben so ausgedehntes Flachland, der nördliche Abwechslungen von kleineren Hochlanden und Festlanden. *Europa* ist blofs Flachland mit einem kleinen Hochlande in Spanien. Zugleich aber hat es ein zackiges Hochgebirge, die Alpen, von wo aus zahlreiche Aeste nach allen Seiten in das Flachland auslaufen. *America* hat in jeder seiner beiden, durch eine schmale Landenge, getrennter, Hälften ein grofses Hochland, Quito und Mexico, und ist durch die längste Gebirgskette der Erde, welche beide Hälften desselben verbindet, durchschnitten.

Die längste gerade Linie im alten Continente beginnt beim Cap Tamura unter 78° N. B., geht am Aral-See hin, durchschneidet die Persischen und Arabischen Meerbusen an schmalen

---

1 Nov. Org. II. 27.

Stellen und endigt bei der Capstadt unter 35° S. B. Ihre Länge beträgt etwa 1800 Meilen. Die längste Linie im neuen Continente läfst sich nicht so genau bestimmen, müfste aber vom Eis-Cap, etwa unter 72° N. B. anfangen, America schräg durchschneiden und gleichfalls unter 35° S. B. endigen.

Im Allgemeinen unterscheidet man ferner *Festland* (Continent) und *Inseln*. Der Begriff der letzteren ist unbestimmt, hängt aber von der Gröfse ab, indem die Bedingung einer völligen Umgebung mit Wasser leicht dahin führen könnte, auf der ganzen Erde nichts als Inseln anzunehmen. Uebrigens will man unter Insel einen solchen Ländertheil verstehen, welcher in weniger als einem Monate umschifft werden kann, oder weniger als 10 Grade der Breite und der Länge mifst.

Im Ganzen besteht die Erdoberfläche aus Bergen mit den ihnen zugehörigen Thälern und aus Ebenen, welche Hochebenen genannt werden, wenn sie in bedeutender Höhe über der Meeresfläche liegen, sonst aber Flachebenen heifsen könnten.

A. Berge.

Berge heifsen die Erhabenheiten der Erdrinde, deren oberer Theil der Gipfel (bei grofser Steilheit auch Nadel, Horn), der untere aber der Fufs genannt wird; zwischen beiden liegt der Abhang, einzelne Erhöhungen der Gebirge und Ebenen heifsen auch Kuppen. Mehrere an einander gereihete Berge bilden ein Gebirge, und wenn sich darunter einer oder mehrere von bedeutender Höhe befinden, ein Hochgebirge. Mehrere fortlaufende heifsen eine Gebirgskette, und sofern sie von einem Haupt- oder Hochgebirge auslaufen, Gebirgszweige, Arme, oder Aeste, deren oberer Theil Gebirgsrücken genannt wird. Rücksichtlich der Länge unterscheidet man Hauptgebirge von etwa 30, Mittelgebirge von etwa 20 und kleine Gebirge von etwa 10 Meilen Längenerstreckung, und eben so rücksichtlich der Höhe Haupt- oder Hoch- auch hohe Gebirge von mehr als 6000, mittlere von mehr als 3000 und niedere von mehr als 600 F. Höhe, die noch niedrigern werden zwar oft Berge genannt, verdienen aber nur den Namen Hügel. Einzeln stehende Berge sind selten; am meisten findet man sie auf Inseln als vulcanische Pics, z. B. der Pico di Teneriffa, der Aetna u. a. Sonst gehören unter die bekanntesten der Felsen von Gibraltar, der Puy-de-Dome und mehrere in der Auvergne, der Berg

Aornos in Bijore in Indien, die Festung Gwalior in Hindostan, der Zobtenberg in Schlesien, die Landskrone in der Lausitz u. m. a. Meistens laufen dagegen die Gebirgsketten durch unglaublich lange Strecken von den Hauptgebirgen aus, erstrecken sich oft weit in das Meer, wo sie durch einzelne Felsen und Inseln ihre Richtung bezeichnen, und es wäre wohl nicht unmöglich, einen Zusammenhang aller auf der Erde nachzuweisen. Aeltere Geographen[1], welche die Felsenzüge gleichsam als das Gerippe der Erde ansahen, wollten in denselben einen Bergäquator und Parallele finden, welche indefs nicht mit dem geographischen Aequator parallel, sondern eine nördlichere Richtung befolgend mit ihm einen beträchtlichen, nicht genau bestimmten Winkel bilden sollten[2]. Nach andern sollten sich zwei mit dem Aequator nahe parallel laufende Bergketten, eine unter 50° N. B. die andere unter 25° S. B. befinden[3]. Büffon[4] läfst die Bergketten von Norden nach Süden laufen, welche Richtungen von andern die Bergmeridiane genannt werden. Indefs mufs man mit Pallas und den neueren Geographen annehmen, dafs die Richtung der Bergketten überall kein regelmäfsiges Gesetz befolgt[5].

Zu den hauptsächlichsten *asiatischen Gebirgsketten* gehören das Ural - in seiner Fortsetzung Wercholur - oder Paiassowoi-Pawdinskoi - Gebirge, welches nicht weit vom Caspischen Meere unter 45° N. B. anfängt, und mit seinen letzten Spitzen unter oft wechselnden Namen sich in das Eismeer verläuft. Es bildet die Grenzscheidung zwischen Europa und Asien. An dieses schliefst sich der Kaukasus und südlicher herabgehend der Mingol und Ararat. Der Taurus und Antitaurus fängt im ehemaligen Kleinasien an, hängt mit dem Libanon zusammen, welcher der Küste des Mittelländischen Meeres parallel läuft und an die in der Richtung des rothen Meeres in Arabien sich herabziehende Gebirgskette grenzt. Eine dieser fast parallele Gebirgskette geht zum Persischen Meerbusen herab und hat den Namen

---

1 Unter die Vertheidiger dieser Ansichten gehört vorzüglich Bourguet in: Lettres philos. sur la formation des sels et des cristaux, Amst. 1729. 8. p. 183.

2 J. C. Gatterer Abrifs der Geographie. Gött. 1775. S. 91.

3 J. de Phys. 1779. Leipz. Samml. II. 2.

4 Hist. Nat. II. 17. Mehr beschränkt ist diese Meinung in Suppl. IX. 440.

5 Kant Phys. Geogr. II. 2. S. 17.

Erwend und Daarnewend. Bei weitem die längste Gebirgskette ist diejenige, deren Haupttheil der Altai ausmacht, weswegen sie auch die Altai'sche genannt wird. Sie läuft etwa im Parallel von 50° N. B., hängt durch die Alginskischen und die grofsen Songarischen Grenzgebirge mit dem Ural zusammen, erreicht ihren höchsten Punct im grofsen Altai, und schliefst sich durch das Khangai-Gebirge an das Jablonoy-Chrebet oder Aepfelgebirge, welches unter dem Namen Stanowoy sich bis zur nördlichsten Küste Sibiriens erstreckt. Eine andere Gebirgskette läuft in der Gegend des Baikal-Sees von diesem aus durch Sibirien bis zum Eismeere; aus dem Stanowoy-Gebirge aber läuft eine Kette durch Kamtschatka, deren weitere Richtung durch die Kurilischen und Japanischen Inseln bezeichnet wird.

Eine zweite Asiatische Hauptgebirgskette, mit der Altai'schen parallel unter 35° N. B. erreicht ihren höchsten Punct so wie jene ohngefähr in 100° L. unter dem Namen Mustag- oder Imaus-Gebirge. Von ihm läuft eine Kette in vielen Krümmungen nördlich unter dem Namen Karangu-Tag, Belur-Tag[1], Mussart und Chabarga bis zum Altai-Gebirge. Eine andere Kette läuft westlich durch Persien zum Kaukasus hin unter dem Namen Hindukuh oder Hindu-Cusch, Gaur, Manesch, Madnofriad und Alburs. Vom Hindukuh läuft ein Arm, gewöhnlich die Salomonskette genannt, mit dem Indus fast parallel bis an den Persischen Meerbusen[2]. Von der Ostseite des Imaus laufen zahlreiche Gebirgsketten von Tibet aus zum Theil nach Süden, deren eine bis Malacca und von da durch Sumatra, Java und den Indischen Archipelagus verfolgt werden kann. Eine läuft durch Tibet bis Cochin-China, zwei andere durch China östlich; der gröfste Zweig geht nordwestlich, wirft dann einen Nebenzweig theils nördlich bis zum Aepfelgebirge, theils östlich bis nahe zum Japanischen Meere, woselbst er als Tschang-Pechan-Gebirge südlich an der Küste von Korea und nördlich an der Küste von Amur hinläuft. Diejenige Asiatische Gebirgs-

---

1 Belur-Tag oder Belut-Tag bezeichnet wolkige Berge.

2 Die Existenz der Salomons-Kette wird von einigen Geographen in Zweifel gezogen. Nach Elphinstone's Reis. I. 143. schickt sie 3 Zweige nach Osten unter 32° und 34° N. B., und 2 streichen über den Indus. Die Berge derselben sollen niedriger als der Hindu-Kuh, aber doch das ganze Jahr mit Schnee bedeckt seyn.

kette, welche zwar nicht die gröfste Ausdehnung, wohl aber die höchsten Bergspitzen auf der ganzen Erde hat, ist das Himlaya-Gebirge, welches mit dem Imaus fast parallel läuft, und durch die Flüsse Indus und Tsampu davon getrennt wird. Seine östliche Spitze bildet das Kambala, die westliche das Kantaische Gebirge, einen Hauptzweig aber sendet es in vielen Krümmungen südlich, welcher mit dem Yind-Huan in Hindoustan und dem Gautsch an der Malabarischen Küste zusammenhängt. Das riesenhafte Gebirge giebt unter andern den Riesenströmen Ganges und Buramputr ihren Ursprung[1].

Africa ist uns noch zu wenig bekannt, als dafs wir seine Gebirgszüge genau kennen könnten. Etwas näher kennt man die Mondsgebirge unter 10° N. B., von welchen mehrere Aeste nach den verschiedensten Seiten sich hin erstrecken. Eine andere, gleichfalls unter 10° N. B. von Ost nach West laufende Gebirgskette will Mungo-Park gesehen haben, und neuere Reisende bestätigen dieses. An der südlichen Spitze dieses Welttheils, nahe bei der Cap-Stadt fängt eine von der Küste aus nördlich laufende Bergkette an, welche mehrere Zweige in das Innere des Landes sendet. Die Insel Madagascar wird der Länge nach durch das Ambohitsmene oder Vohitsanghombe (oder das rothe) Gebirge durchschnitten. Am bekanntesten endlich ist das im nordwestlichen Theile von Osten nach Westen hinlaufende Atlas-Gebirge, welches in seinen Hauptpuncten Lowat und Nefusa genannt verschiedene Zweige aussendet.

---

1 Interessante Nachrichten über jene Gegenden enthält die von Ritter benutzte: Elphinstone's Geschichte der englischen Gesandtschaft an den Hof von Kabul; üb. v. Rühs in Neue Bibl. d. Reis. B. IX. Weim. 1817. Man ersieht daraus, dafs die unübersteiglichen Berge und die nachher zu erwähnenden Sandwüsten einzelnen Reisenden das Vordringen nach Indien höchst gefährlich, ganzen Corps, geschweige denn Armeen durchaus unmöglich machen. Man sieht von Afghanistan aus 4 Reihen Berge von unglaublicher Höhe, deren höchste Spitzen in mehr als 100 engl. Meilen sichtbar sind. Bei heiterem Himmel gewähren ihre gleichsam durchscheinend sich zeigenden Spizzen einen imposanten Anblick. Die dazu gehörige Paropamisus-Kette ist 350 engl. Meilen von Osten nach Westen und 200 e. M. von Norden nach Süden ausgedehnt, für Reisende fast unzugänglich, wird aber von den Eimakern und Hasarern bewohnt. Ueber die Himlaya-Gebirge vergl. G. Govan in Edinb. Journ. of Sc. III. 17. IV. 277. Ueber den Zusammenhang der Berge in Asien vergl. v. Humboldt in Ann. Ch. Ph. III. 297.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Die *Europäischen Gebirgsketten* sind gröfstentheils unbedeutend gegen die weit gröfseren Asiatischen, haben aber als die bekanntesten ein höheres Interesse. Unter die wichtigsten gehören die Pyrenaeen, welche die Grenze zwischen Spanien und Frankreich bilden, und an die unter verschiedenen Namen in westlicher Richtung mit der Küste parallel bis zum Cap Finisterre laufenden Gebirge grenzen. An diese letztere Gebirgskette stöfst eine andere, welche in südlicher Richtung die Pyrenäische Halbinsel durchschneidet, wozu vorzüglich die Iberischen Gebirge und die von Granada gehören. Mehrere Zweige laufen von hieraus westlich nach der Küste hin. Im südlichen Frankreich beginnt eine Bergkette mit den Cevennen, läuft nördlich, schickt einen Nebenzweig nordwestlich, welcher die Flufsgebiete der Seine und Loire trennt, bis an die Küste von Brest; eine andere mehr nördlich zwischen Marne und Maas nach den Ardennen.

Als den höchsten Europäischen Gebirgspunct hat man die Alpen anzusehen, von welchen eine Menge Zweige nach allen Richtungen auslaufen. Vom Montblanc über den kleinen Bernhard und Mont-Cenis erstrecken sich die Meeralpen südwestlich, und verlaufen sich in den Bergen hinter Marseille. An diese stofsen die Appenninen, welche Italien der Länge nach durchschneiden und von Sicilien's Bergen durch die Meerenge getrennt werden. Eine gleich grofse Gebirgskette läuft vom Gotthard aus, begreift die Rhätischen, Tyroler, Karnischen, und Julischen Alpen, zieht sich unter dem Namen der Dinarischen Alpen an der Küste des Adriatischen Meeres hin, und schickt einen Arm nach Griechenland, einen andern gröfseren aber in östlicher Richtung unter dem Namen der Sardischen Berge. Mit den Schweizeralpen zusammenhängend sind ferner die Gebirge des Schwarzwaldes, welche an die Schwäbischen Alpen und hierdurch an den Böhmerwald grenzen, mit Unterbrechungen sich bis zum Fichtelgebirge, und so bis zu den Harzgebirgen und deren Verzweigungen erstrecken. Nördlich vom Schwarzwalde liegt das Odenwaldsgebirge, neben dem Fichtelgebirge das Rhön- und Vogels-Gebirge, am rechten Ufer des Rheins die Rheingauer und Nassauischen Gebirge, der Westerwald und das Siebengebirge, von welchen Verzweigungen bis zu den Harzgebirgen verfolgt werden können. An das Fichtelgebirge grenzt das sächsische Erzgebirge, welches wie-

der mit den Böhmischen Gebirgen und den Sudeten zusammenhängt. Letztere, welche die Grenze zwischen Böhmen und Schlesien bilden, schliefsen sich an die Carpathen, deren äufserstes Ende unter dem Namen des Sarmatischen oder des Tartargebirges die nördliche Grenze des östlichsten Ungarns bildet. Im östlichsten Theile von Europa aus einer weiten Ebene nicht bedeutend hervorragend, liegt das Wolchonskoi-Gebirge, welches sich nach verschiedenen Seiten hin zwischen dem Don, der Wolga und dem Dniepr verzweigt. Grofsbrittannien wird der Länge nach von einer gekrümmten, verschiedene Zweige aussendenden Gebirgskette durchschnitten, welche aber keine so hohe Puncte darbietet, als diejenige, welche Scandinavien durchschneidet, und in ihrem Hauptzuge unter dem Namen des Kiölen- oder Sewoo-Gebirges die Grenze zwischen Norwegen und Schweden bildet[1].

America[2] wird seiner ganzen Länge nach von einer Bergkette durchzogen, welche nahe am Meere an der westlichen Küste desselben hinläuft, und die beiden Hälften dieses grofsen Continentes verbindet. Im südlichen Theile machen die Gebirge den vierten Theil der gesammten Ländermasse aus, und bilden eine Gebirgskette, die Andes-Cordilleren, welche an der Magellanischen Strafse bei Cap Pilares anfängt, bis zum Vorgebirge Paria, der Insel Trinidad gegenüber hinläuft, und drei Gruppen, nämlich die der Sierra Nevada de Santa Maria, die des Orinoco oder Parime und die in Brasilien bildet. Der ganze östliche Theil von America hat keine Gebirge, welche die Schneegrenze erreichen, obgleich die hohen Cordilleren an der östlichen Seite dieses ganzen Continentes hinlaufen, die Landenge zwischen den beiden Hälften des Welttheiles bilden, und sich bis zum 68sten Grade N. B. erstrecken, indem zugleich der Berggruppe in Brasilien eine ähnliche in der nördlichen Hälfte des Welttheils, nämlich das Alleghanni-Gebirge entspricht, dessen höchster Punct der Berg Washington unter 44°,25 N. B. von 6634 engl. F. Höhe ist. Berge also, welche

---

1 Ueber den allgemeinen Zusammenhang der Höhen von Fr. Schultz. Weimar 1803. 4. mit einer schönen orographischen Charte von Europa. Vergl. Einleitung in die allgemeine Erdkunde von Fr. Förster. Berl. 1818. 4.

2 S. v. Humboldt Voy. T. X. p. 1 bis 177, wo ausführlich über die Gebirge America's gehandelt wird. Vergl. Reisen III. 263.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

den Montblanc an Höhe übertreffen, finden sich in America nur in der Andes-Kette, welche auch in Mexico unter 19° N. B. eine Höhe von 2770 Tois. erreicht. Die einzige Berggruppe, deren Spitzen fast 3000 T. erreichen, ist die Sierra de Santa-Marta, welche indefs nicht östlich von der Cordilleren-Kette liegt, sondern zwischen der Verlängerung von zwei Armen derselben, des von Merida und von Veragua.

1. Vor allen Dingen zeichnen sich also die Cordilleren aus. Sie haben eine Länge von nahe 3000 Lieues, und bestehen aus mehreren verbundenen Ketten, welche sich bald mehr bald weniger erheben, nahe am Aequator aber ihre gröfste Höhe erreichen. Beim Cap Pilares fängt dieser Gebirgszug mit einer Höhe von 218 T. an, läuft dann in verschiedenen Biegungen und bei noch unbestimmter, aber nicht unbeträchtlicher Höhe etwa bis zum achten Grade S. B. fort, woselbst der Huaylillas die Schneegrenze erreicht, und dann kein Berg früher bis zum Chimboraço unter 2° S. B. Von hier aus enthält er die höchsten Berggipfel, theilt sich zuweilen in zwei oder auch drei Ketten welche Plateaux zwischen sich haben, schickt verschiedene Zweige nach Osten, senkt sich vor seinem Eintritte in die Landenge, erhebt sich aber daselbst wieder, läuft durch dieselbe hin, und erreicht im Parallele von Mexico abermals seine gröfste Höhe. Von hieraus läuft er nach Guanaxato unter 21° N. B. wo die reichsten Silberbergwerke der Erde sind, erhält eine aufserordentliche Breite und theilt sich in drei Ketten, welche sich unter 30° N. B. wieder vereinigen. Vom 33sten Breitengrade an bildet der Rio del Norte ein grofses Längenthal, und überhaupt scheint selbst die Centralkette in mehrere parallele Streifen getheilt zu seyn, läuft auf diese Weise mit einigen in die Schneegrenze ragenden Spitzen von 10000 bis 11200 F. absoluter Höhe bis zum 41sten Grade, nimmt an Höhe ab bis zum 46sten Grade, erhebt sich unter 48° wieder mit Spitzen von 7200 bis 7800 F., nimmt eine östlicher Richtung gegen den oberen See hin zwischen dem Bette des Missouri und des Winnipeg- und Sclaven-Sees, und gelangt in dieser Richtung unter etwa 69° N. B. an die Mündung des Mackenzie-Flusses. Dafs endlich die ganze, so weit ausgedehnte Kette neben ihrem allgemeinen Namen aus den zahlreichsten einzeln benannten Bergen und Bergzügen bestehe, liegt in der Natur der Sache.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

2. Aufserdem enthält America noch eine Menge einzelner Berggruppen, wovon die bedeutendsten folgende sind:

a. Die isolirte Berggruppe Sierra Nevada de Santa Marta liegt eingeschlossen zwischen zwei Armen der Andes, dem von Bogota und dem des Isthmus, erhebt sich steil aus der Ebene und ist an ihren Spitzen mit ewigem Schnee bedeckt.

b. Die Küstenbergkette von Venezuela, welche als unmittelbarer Zweig von den Cordilleren nahe am Ufer des Meeres der Antillen unter verschiedenen Benennungen hinläuft. Sie theilt sich in zwei Arme, einen nördlichern und einen südlichern, welche weite Thäler von ungleicher Höhe zwischen sich einschliefsen, und zum Theil die ausgedehnten Llanos begrenzen.

c. Die Berggruppe von Parime, Sierra Parime vom See gleiches Namens durch v. Humboldt genannt, trennt zum Theil die Stromgebiete des Orinoco und Amazonenstromes, besteht aus mehreren zusammengruppirten Bergreihen, welche nach allen Richtungen hinlaufen, und worin der Pic d'Uniana von mehr als 3000 F. der höchste Punct ist.

d. Ohngefähr zwischen dem 18 und 28 Grade S. B. liegt der gröfste, über 400 T. Höhe erreichende Centralpunct der Brasilianischen Berggruppe, welche in mehreren Verzweigungen sich nach allen Seiten hin ausbreitet, und wozu unter andern die Serra do Mar, südwestlich von Rio Janeiro, die Serra do Espinhaço bei Villaricca, die gröfste und höchste von allen, die Serra dos Vertentes, die Serra do Franca u. a. gehören. Den höchsten Punct macht der Itacolumi von 900 T. Höhe.

e. In Nordamerica[1] bilden die Alleghanni - Gebirge eine bedeutende Berggruppe, worin der Washington mit 1040 Tois. den höchsten Punct macht.

f. Auch die Berge der Antillen bilden eine eigene Gruppe, worin die blauen Berge unter 18° 12′ N. B. 1138 Tois. hoch, die gröfste Höhe erreichen.

Neuholland enthält eine sehr grofse Gebirgskette, die sogenannten blauen Berge, welche sich durch verschiedene in physikalischer Hinsicht merkwürdige Eigenthümlichkeiten auszeichnen; sie setzen indefs dem Reisenden wahrhaft unüber-

1 Der nördlichere Theil des neuen Continentes ist noch zu wenig untersucht, als dafs der Zusammenhang seiner Bergketten hinlänglich bekannt seyn sollte.

windliche Schwierigkeiten entgegen, weswegen unter verschiedenen Versuchen, etwas tiefer in dieselben einzudringen, blofs die letzteren einige etwas genügende Resultate gegeben haben[1].

Eine eigene Classe von Bergen, welche durch ihre eigenthümliche Gestalt und einerseits sowohl ihre Isolirung als andererseits ihren Zusammenhang unter einander vorzügliche Aufmerksamkeit verdienen, sind die vulcanischen. Da sie aber eine umfangendere Untersuchung verdienen, so müssen sie ausführlicher betrachtet werden, als hier der Raum gestattet[2].

Man hat viele Zeit und Mühe darauf verwandt, die Höhen der Berge und insbesondere ihre höchsten Spitzen kennen zu lernen. Im Ganzen genommen gehört dieser Gegenstand zu der Aufgabe, bei der Bestimmung der Lage irgend eines gegebenen Punctes der Erdoberfläche die dritte Coordinate zu finden, indem die beiden anderen nach dem was oben (II. im Anf.) hierüber beigebracht ist, durch die bekannte Länge und Breite desselben gegeben sind, und wobei man diese dritte im Spiegel des Meeres = 0 setzt. Am häufigsten wird die Höhe über dem Meeresspiegel durch barometrisches Höhenmessen gefunden. Indem aber dieses interressante physikalische Problem an seinem Orte vollständig untersucht nnd mit andern Bestimmungsmethoden verglichen werden wird, so ist es am zweckmäfsigsten, die gefundenen Resultate dort hinzuzufügen[3].

B. Thäler

werden die tiefer liegenden Räume genannt, welche die Berge trennen, und in gerader oder gekrümmter Richtung zwischen zwei Bergen oder Bergketten in gröfserer oder geringerer Länge hinlaufen. Selten sind sie horizontal, wenn sie zwei Berge völlig trennen, oder wenn man uneigentlich die nächste Ebene unter einem Berge mit dem Namen Thal bezeichnet, in der Regel aber liegen sie am einen Ende höher, indem sie an einem Gebirgsabhange ihren Anfang nehmen, dort meistens schmaler sind, und sich dann entweder in ein anderes Thal oder endlich in die Ebene verlaufen. Der tiefste Theil derselben, oder ihr Grund

---

1 Vergl. J. d. Ph. LXVII. 464.

2 S. *Vulcane*. Ebend. von den Schlammvulcanen und den Gas-Vulcanen oder sogenannten Salsen.

3 S. *Höhe nmessen*.

heifst die *Thalsohle*, der *Thalweg*, wodurch man meistens zu den gröfseren Höhen der Gebirge gelangt. Sonst unterscheidet man *Längenthäler*, welche mit der Richtung der Gebirge parallel laufen, und *Querthäler*, welche diese unter fast rechten Winkeln durchschneiden, *Hauptthäler*, welche von dem hohen Gebirgsrücken bis an den Fufs herablaufen, und *Nebenthäler*, welche nur einem Zweige des Gebirges zugehören. Die Ausdrücke: *Flufsthäler*, *Stromthäler* und *Meeresthäler* sind an sich klar.

Die Thäler steigen so viel höher an und sind überhaupt desto grofsartiger, je höher und gröfser die Gebirge sind, wozu sie gehören, zugleich aber hat v. Humboldt[1] bemerkt, dafs die Längenthäler ungleich höher liegen als die Querthäler. So erhebt sich die Thalsohle des Thales von Cuença bis zu 1350 T., von Alausi und Hambato bis 1320 T., das Thal von Quito an seinem östlichen Theile bis 1340, an seinem westlichen bis 1490 T. das Bassin des Almaguer bis 1160 T., des Rio Cauca bis 500 T. Auf gleiche Weise ist es im alten Continente, wo das Plateau von Mysore zwischen 380 bis 420 T., das im Innern von Spanien 350 T., das zwischen den Alpen und dem Jura 270 T., das Baiersche 260 und das Schwäbische 150 T. erreicht. Die ungleiche Höhe der Längenthäler vor derjenigen der Querthäler ersieht man unter andern aus der Vergleichung derjenigen, welche sich in den Anden finden, wo die ersteren 1200 bis 1500 T. erreichen, während das von NO. nach SW. gerichtete Thal von Patias, obgleich zwischen sehr hohen Bergspitzen nicht mehr als 350 T. absoluter Höhe hat. Aus den Ebenen der Lombardei kann man in einer auf die Längenrichtung der Tyroler Alpen lothrechten Linie 8,75 Meilen vordringen, und findet bei Botzen die Höhe der Etsch nur 182 T., dagegen erhebt man sich von Botzen zur Spitze des Brenner's auf eine Strecke von 4,71 Meil. bis 746 T.[2].

Meistentheils sind die Thäler durch Wegspülungen und allmäliges Einreifsen des Wassers entstanden, oder scheinen dieser viele Tausende von Jahren anhaltenden Einwirkung ihren Ursprung zu verdanken. Hierfür spricht die Gestalt derselben, desgleichen dafs, in den meisten stets fliefsende oder minde-

1 Voy. X. 86.
2 v. Humboldt Voy. X. 84.

stens bei heftigem Regen sich ansammelnde Gewässer ihren Lauf haben, wobei dann die Gestalt der Ufer und oftmals selbst erneuerte Spuren frischer Zerreifsungen die Sache im Allgemeinen genugsam beweisen. Woher könnten auch die Flüsse und Ströme die unglaubliche Menge Sand und Kies erhalten, welche sie stets in der Richtung ihres Laufes fortführen, wenn sie ihnen nicht von den zerfallenen Felsarten dargeboten würde, durch welche sie fliefsen? Wollte man aber alle Vertiefungen zwischen den Bergen aus dieser Ursache ableiten, welcher vorzugsweise nur die Querthäler ihren Ursprung verdanken, so könnte dieses namentlich auf die völlig eingeschlossenen Thäler, z. B. von Titicaca, Mexico, Cuença und viele andere, nicht angewandt werden, welche das gesammelte Wasser nur durch enge Seitenabflüsse verlieren, und die gröfsten Geologen sind daher der Meinung, dafs hauptsächlich die Längenthäler und die zwischen hohen Bergen eingeschlossenen damals schon als Spalten und Vertiefungen zurückblieben, als die umgebenden Erhöhungen aus der Tiefe emporgehoben wurden[1].

C. Ebenen.

Die Ebenen sind entweder von Bergen und Hügeln durchschnitten und daher geringer an Flächenausdehnung, in welchem Falle sie sich eignen, die reizenden Landschaften der Erdoberfläche zu bilden, oder sie erstrecken sich weit, sind aber fruchtbar und deswegen stark mit Cerealien angebauet, in welchem Falle sie zu den reichsten und keineswegs unangenehmen Theilen der Länder gehören, oder sie bieten durch hohes Gras reiche Viehweiden dar, geben minderen Ertrag als jene, und werden ermüdend für das Auge der Reisenden und der Bewohner. Noch mehr aber ist Letzteres der Fall, wenn sie mit unfruchtbaren Heidearten überzogen oder gar mit Sand und Kies bedeckt sind, in welchem Falle sie durch übermäfsige Ausdehnung, brennende Hitze und Mangel an Nahrung und Wasser zu den furchtbarsten Einöden werden, welche für die Reisenden eben so undurchdringlich sind als die höchsten und längsten Gebirgsketten, und noch obendrein durch endlose Einförmigkeit Geist und Phantasie tödten. Kleinere Districte dieser

1 L. v. Buch Geognostisches Gemälde von Süd-Tyrol. 1823. S. 8. v. Humboldt Voy. X. 87.

verschiedenen Arten giebt es viele, es können hier aber nur die ausgezeichnetsten kurz erwähnt werden.

1. Die *Llanos* oder Ebenen in der Mancha in Spanien. Sie gleichen denen in America, und bieten gute Viehweiden dar.

2. Die *Heiden* (ericeta, von den vielen dort wachsenden Heidearten, hauptsächlich der erica vulgaris so genannt), welche sich von der Grenze Jütland's durch Lüneburg und Westphalen bis in die Niederlande erstrecken, am zusammenhängendsten zwischen Oldenburg und Osnabrück. Verhältnifsmäfsig sind nur geringe Theile davon urbar gemacht, welche einen sandigen, unfruchtbaren Boden liefern. Einige Strecken sind mit Kieferwäldern bedeckt, andere haben moorigen Boden, welcher zum Theil Torf erzeugt, zum Theil durch das Wegbrennen der oberen, mit unfruchtbaren Pflanzen bedeckten, Kruste (das sogenannte Moorbrennen[1]) zur Erzeugung von Buchweizen geschickt gemacht wird.

3. Die grofsen, theils trocknen theils noch sumpfigen, *Viehweiden* in Ungarn zwischen der Donau und Theifs, welche sich durch die in ihnen beobachtete Luftspiegelung auszeichnen. Sie liegen 30 bis 40 Tois. über dem mehr als 80 Meilen entfernten Meere. Mehrere Quadratmeilen sind von Dörfern und Viehweiden ganz entblöst, vom Horizonte ringsum begrenzt und heifsen Puszta[2].

4. In Rufsland zwischen dem Dnepr, dem Don und der Wolga trifft man ausgedehnte Viehweiden, *Steppen*, welche sich weit nach Polen in die Ukraine erstrecken. Sie sind wahre Savanen mit sehr hohem Grase, völlig eben und ohne Hügel, gewähren aber gute Viehweiden[3].

5. In Asien ist unter andern das wüste Arabien als weite *Sandebene*, ganz ohne Pflanzenleben, am meisten bekannt. In Persien giebt es gleichfalls grofse, ganz pflanzenleere Wüsten, und eben so in Syrien, desgleichen zwischen dem Jaxartes und Oxus[4].

6. Die furchtbarste asiatische, der bekannten africanischen fast gleichkommend ist die *Wüste Gobi* (oder Kobi, die Wüste

---

1 L. L. Finke über den Moordampf. Hann. 1819. 8.

2 v. Humboldt Reis. III. 251.

3 Pallas Reis. II. 75. III. 638.

4 Meiners Unters. über d. Menschenarten, I. 101.

im Tartarischen, auch *Schamo* genannt von Scha, Sand und Mo, ein Haufen; oder *Khan-hai*, das Sandmeer im Chinesischen), welche sich der Länge nach von Osten nach Westen zwischen China, Daurien und Sibirien hinzieht, und auch schlechthin die grofse Wüste genannt wird. An ihrem östlichen Ende ist sie nirgend über 100 Stunden breit, und die Caravanenstrafse zwischen Kiachta und Peking durchschneidet davon nur 64 Stunden, aber auch dieser Strich ist hinreichend ganze Caravanen zu vernichten. An ihrem westlichen Ende ist sie weit gröfser, nirgend schmaler als 100 Stunden, und nimmt die ganze Westgrenze von China nordwärts zwischen 32° bis 43° N. B. ein. Hier müssen die Reisenden von Seleginsk oder Kiachta aus auf eine Strecke von 450 Stunden stets die besten Gegenden suchen und mitunter völlige Einöden, 40 bis 100 Stunden breit, passiren. Sie läuft hier in mehrere Zweige aus, und ist an der Grenze von einzelnen Wasserstellen und Weideplätzen durchschnitten, die aber nicht einmal den africanischen Oasen gleichen, indem blofs tartarische oder mongolische Horden dort einen Aufenthalt finden können. Man unterscheidet a. die *östliche Gobi* zwischen Kiachta und Peking, auch die Gobeiskaiasteppe der Russen genannt. Sie ist eine gewifs sehr hoch liegende Ebene, eine eigentliche Hochebene, mit grobem Sande, Grus und Kieseln bedeckt, worunter sich farbige und edle Steine befinden, namentlich sehr schöne Carneole, Chalcedone und Cacholong. Eigentlicher Flugsand ist gar nicht vorhanden, eben wie keine Vegetation, nur selten eine Zwergacazie. Zuweilen zeigen sich Quellen, welche aber sogleich wieder im Sande verschwinden und meistens salzig sind. Man hat daher Brunnen gegraben und mit Steinen ausgesetzt, allein sie fallen oft zusammen und enthalten nicht selten salziges Wasser, sind aber meistens nur 8 bis 10 F. tief, und die meiste Zeit mit Eis bedeckt. Die Chinesen haben aufserdem zu Pagul und am Schara-Murin Magazine angelegt, um dem fürchterlichen Mangel an Futter vorzubeugen; ihre Couriere legen den Weg von Peking bis Kiachta auf Dromedaren in 51 Tagen zurück, gröfsere Caravanen von 500 bis 600 Thieren aber bedürfen längere Zeit, und wenn sie im Herbste reisen, so mufs die Zahl der Pferde sehr vermehrt werden, weil oft in einer Nacht 10 bis 20 ja sogar 30 Stück vor Hunger, Kälte und Ermüdung sterben. Die Caravane des Reisenden Lange hielt einen Rasttag zu Beroldschi Guduck am

südlichen Anfange der Hungersteppe, um nach Wasser zu graben; 40 Mann arbeiteten den ganzen Tag, um die 4 F. dicke harte Thonlage zu durchbrechen, fanden Wasser, über welches die Pferde mit ungestümen Andrange herfielen, aber dennoch starben in der Nacht 23. Neben dem Mangel ist auch die Kälte das ganze Jahr hindurch furchtbar, und aufser etwas getrocknetem Mist giebt es kein Brennmaterial. Selbst im Zelte des mächtigen Tartarenkaisers Mangu-Khan in Karakorum brannte auf einer Kohlenpfanne nur Dornengesträuch und Viehdünger, als die Gesandten Ludwigs IX., unter denen Rubruquis war, im J. 1253 Audienz hatten. Bäume sind so selten, dafs die Mongolen von einigen Steppen, auf denen etwas Nadelholz steht, wie von einem Paradiese reden. Die strenge Kälte jener Gegenden, obwohl zwischen 43° bis 45° N. B., ist schon aus Dschingis-Khan's Feldzügen bekannt. Die Mongolen tragen stets Schafspelze, indem die warme Jahreszeit erst gegen Ende Juni's anfängt, weswegen jener Eroberer seinen Truppen doppelte Pelze, den Pferden Decken von Filz gab, so auf die Jagd und zum Kriege auszog, und die weichlichen Bewohner der Niederungen leicht überwand, welche ihm dagegen im Sommer wegen einreifsender Seuchen überlegen waren. Auch mitten im Sommer ist es hauptsächlich des Nachts empfindlich kalt, bis zum Gefrieren des Eises, und es ist namentlich auch aus den Kriegen zwischen den Chinesen und Hunnen bekannt, dafs oft kaltes und ungestümes Wetter mit Schneegestöber eintritt, welches die Letzteren den bösen Geistern beizumessen pflegten.

b. Die westliche Wüste liegt weniger hoch und ist daher auch minder kalt, würde aber sonst durch den Flugsand noch furchtbarer seyn, welchen die Ostwinde von jener her hier aufgehäuft haben. Letzterer macht das Reisen gefährlicher, weil er die Spuren verweht, so dafs die Caravanen sich daher hauptsächlich nur nach den Knochen verunglückter Menschen und Thiere und nach den Spuren des Düngers richten können[1]. Fünf Tagereisen von Kaschgar liegt eine Stadt Lop am See gleiches Namens, welche am Eingange der grofsen Wüste ein wichtiger Ruhepunct für die Caravanen ist. Von da an geht es 30

1 Verfolgte Fürsten flüchteten von Kaschgar aus nicht selten mit ihren Anhängern in dieselbe, kamen aber um, wenn sie selbst den Ausweg nicht finden konnten.

Tage ununterbrochen durch die Wüste im Sande mit einigen unbedeutenden Erhebungen, man findet aber doch auf den verschiedenen Stationen für 50 bis 100 Menschen nebst ihrem Viehe hinlänglich Wasser. In der Gegend von Turfan (etwa 43° 30′ N. B.) herscht über dem Sande eine unerträgliche Hitze, auch sind dort schon die heifsen Winde zu fürchten[1].

7. Die Wüste *Sind* liegt zwischen dem Plateau von Decan und den Flüssen Indus und Ganges. Vorzüglich nach dem Indus hin ist sie eine wahre Sandwüste. Elphinstone giebt ihre Breite zu 80 und ihre Länge von Multan bis nach der Küste hin südlich zu 110 deutschen Meilen an. In ihr befinden sich viele bebauete Stellen und eigentliche Oasen, auch gröfsere Ortschaften und bedeutende Festen, der wüste Theil aber ist mit tiefem Sande bedeckt, welchen der Wind zu Hügeln aufthürmt, und diese in wechselnder Höhe vor sich her treibt. Elphinstone traf an verschiedenen Stellen feste gebahnte Wege, neben denselben aber und wo sie fehlten sanken Kameele und Pferde bis an die Knie in den Sand. Hügel, aus diesem von 20 bis 100 F. aufgethürmt wandern nach der Richtung des Windes. Die Brunnen sind meistens tief, zuweilen bis 300 F. und stets etwas salzig. Um sich gegen Feinde zu schützen, decken die Einwohner der Ortschaften diese Brunnen mit Brettern zu, und überschütten diese mit Sande, wodurch das Fortkommen feindlicher Truppen unmöglich wird[2]. Am Ende der Sandwüste, ehe man nach Bahawalpur kommt, ist eine Fläche ohne Sand, ein harter Thonboden ohne Wasser, Pflanzen und Menschen, eine 20 Meilen lange furchtbare Einöde[3].

8. Ihr ähnlich ist die Sandwüste *Beludschistan*, ein Zweig der grofsen Wüste. Sie besteht durchgehends aus sehr feinem rothen Sande, welcher hoch aufgehäuft seyn mufs, da die Brun-

---

1 Ritter a. a. O. I. 492.

2 Elphinstone zog, aufser dem nach Cabul bestimmten Gesandtschaftspersonale mit 600 Kameelen, 12 Elephanten und 150 Mann Escorte, und es starben in den ersten 8 Tagen 40 Menschen, weil die Hitze des Tages und die folgende Kälte der Nacht so nachtheilig wirkten.

3 Ehe die Gesandtschaft den Indus erreichte, schickte der Khan von Bahawul ihr 100 Kameele mit 400 Wasserschläuchen entgegen, und 4 versiegelte metallene Krüge mit Wasser aus dem Hyphasis für die Gesandten. Vergl. Ritter a. a. O. I. 790.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

nen 150 F. Tiefe haben. Pottinger brachte 5 Tage zu, einen Arm derselben, welcher völlig wüst und ohne alle Vegetation war, zu durchreisen. Der Sand wird zu Dünen aufgehäuft, welche 10 bis 20 F. hoch und sehr beweglich sind[1]. Die trockne Atmosphäre füllte sich zur Mittagszeit mit dem Sande so an, dafs die Oberfläche der Wüste sich Viertelstunden weit 6 bis 12 Zoll über die Sandwellen zu erheben schien, und überall einen dicken Sandnebel verbreitete, indem Sandsäulen von 30 ja bis 60 F. Durchmesser empor gehoben wurden[2].

9. In Sibirien liegen verschiedene ausgedehnte *Steppen* zwischen dem Irtisch und Oby, z. B. die von *Baraba*. Es befinden sich viele salzige Seen darin, als der Tchabacly, Tchany, Karosoesk und Topolnoy, welche selbst in historischen Zeiten noch zu einem gemeinschaftlichen Meere oder grofsen Binnensee gehört zu haben scheinen[3].

10. *Africa* hat, mit Ausnahme des gebirgigten Theiles, einen vorherrschenden Charakter, nämlich den der *Sandebenen*, welche nur da nicht existiren, wo Quellen, Bäche oder Flüsse sind, indem diese ihre Umgebungen tränken, und dann vermittelst der grofsen Wärme die üppigste Vegetation erzeugen. Die ungeheure Wassermenge der tropischen Regen kann zwar nicht augenblicklich in den tiefen Sand dringen, sammelt sich daher in den Niederungen, bildet Binnenseen und sogar schiffbare Ströme, allein die nachfolgende Hitze zerstört meistens die Vegetation gänzlich wieder, und es bleibt ein unfruchtbarer Sandboden. Wo indefs das nahe oder entfernte atmosphärische Wasser in die Unterlage des festen Gesteines, namentlich der Urgebirgsarten nicht eindringen kann, und somit an die Oberfläche quillt, entstehen mitten in öden Sandebenen die sogenannten *Oasen*, d. h. mit Bäumen bewachsene und die üppigste Vegetation darbietende gröfsere oder kleinere Districte, welche um so wundersamer erscheinen, je gröfseren Contrast ihr frisches Leben mit der umgebenden Oede bildet. Eine solche ist die aus uralten Zeiten berühmte des Jupiter Ammon. Indem es hier-

---

1 Die Kameele der Caravanen sind gewöhnt, diese Hügel mühsam hinanzusteigen, und dann mit dem herabrollenden Sande herabzugleiten.

2 Ritter a. a. O. Vergl. II. 16.

3 Klaproth in Mag. encyclop. 1817. p. 134.

nach eine grofse Menge Sandebenen in diesem Welttheile geben mufs, so mag hier doch nur eine derselben, die gröfste und furchtbarste von allen, kurz beschrieben werden.

Die furchtbare *Sahara* nimmt in ihrer gröfsten Breite den ganzen Strich zwischen 15° und 30° N. B. ein, ist also über 200 d. Meilen breit und noch ungleich länger, und wird, wie die Gobi in zwei Theile getheilt, nämlich die östliche und die westliche. An ihrer östlichen Seite, aber ohne eine eigentliche, beide trennende Grenze, liegt die *Lybische Wüste*, ein weites Sandmeer an der Grenze Aegyptens, welches von einigen nackten Gebirgszügen durchschnitten ist, zugleich aber einige Oasen enthält, in denen die Caravanen mit Sicherheit Nahrung und Wasser finden. Sie wird durch zwei Caravanenstrafsen, welche beide von Cairo ausgehen, und unfern der Natronseen in die Wüste eintreten, durchschnitten, die eine nach Dar-Fur, auf welcher Brown reisete, die andere, welche wir durch Hornemann genauer kennen, nach Murzuk in Fezzan. Auf der ersteren sind zwar mehrere Oasen und Wasserplätze, allein die Beschwerlichkeiten der Reise und die Ausdehnung der Sandwüste geht dennoch daraus hervor, dafs die westlich gehende Caravanenstrafse vom Nil bis nach Wara in Bergu am südlichen Rande der Wüste 9 Tage und nachher noch 16 Tage durch ein wasserleeres Sandmeer geht. Auf der zweiten, am Nordrande der Lybischen Wüste hinlaufenden Caravanenstrafse trifft man zuerst die unbewohnten Wasserstellen bei Mogarrah und dann die Oase des Jupiter Ammon, das gröfstentheils aus den Steinen jenes Tempels erbauete heutige Siwah, demnächst Augila, setzt über den Gebirgszug Marai oder Ziltan und die damit zusammenhängende schwarze und weifse Harusch, nackte, aus dem Sande hervorragende Felsrücken, welche den Südrand der Wüste Barca und der Wüste von Sort begrenzen. Das erste Hauptziel, wohin die Caravanen nach höchst beschwerlichen Reisen durch die Wüste gelangen, ist die Oase Fezzan. Der östliche Punct derselben, Temissa, liegt 16 Tagereisen, oder nach Hornemann 79 Meilen von Augila, der ganze Abstand von Cairo bis Fezzan beträgt 166 Meilen, Fezzan selbst liegt etwa 58 Meilen von der Seeküste, wovon es durch eine völlig öde Wüste getrennt ist, die starken Handel treibende Hauptstadt der Oase ist Murzuk.

Die Oase Fezzan ist rundum von felsigen Bergen umge-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ben, und grenzt nur an der westlichen Seite an den eigentlichen Sandocean, die westliche grofse Wüste *Sahara*, den ödesten und menschenleersten Strich der ganzen Erde, welcher dieser gleichsam nicht mehr anzugehören scheint. Sie grenzt östlich an die Oase Fezzan, von wo aus die Caravanenstrafse südlich bis nach Kaschna am Nigerstrome geht, und läuft dann westlich zwischen den Steppen Nigritien's und Bilidulgerid's bis zum atlantischen Oceane. Sogar in das Meer scheint sie sich weithin als Sandbank zu erstrecken, auf dem Continente aber dehnt sie südlich ihr Gebiet bis über die Ufer des unteren Senegal aus, und an ihrer Nordwestecke hat sie seit den Zeiten des Polybius schon den Drahfluss zugedeckt und ihr Gebiet ansehnlich erweitert. Ueberhaupt mufs allmälig das Gebiet des Flugsandes nach W. und SW. stets mehr um sich greifen. Ströme, die vom Atlas kommen, verlieren sich im Sandmeere als salzige Lachen, erzeugen in der Hitze eine unausstehliche Wurmbrut, und verbreiten durch Fäulnifs einen unausstehlichen Gestank. Selbst die gröfsten Flüsse werden durch den Flugsand gezwungen ihr gewohntes Bette zu verlassen, wie z. B. der ehemals reifsende Flufs bei Tessowa in Fezzan und viele andere beweisen, welche oft ihren Lauf änderten und zuletzt ganz zugedeckt wurden. Im Westen besteht die Küste in einer Ausdehnung von wenigstens 150 Meilen, von Mogadore bis zum weifsen Vorgebirge aus grofsen Dünen. Der Sand wird durch die Winde seewärts getrieben, und erfüllt das Meer wie die Luft mit feinen sandigen Theilen. Die Araber gehen von der Küste aus eine halbe Stunde weit in das Meer nach gestrandeten Gütern, ohne dafs ihnen das Wasser höher als bis an die Hüften reicht. Die Stelle ist für die Schiffe so viel gefährlicher, weil der in der Luft nebelartig schwebende Sand die Gefahr verbirgt. Die Küste schreitet jährlich um 10 bis 12 F. vorwärts, und an vielen Orten bleibt blofs der gröbere Kiessand, während der feinere fortgeführt wird, oder es wird aus der *Sahel* die *Sahara*.

Die in der östlichen Wüste vorhandenen Felsenzüge und fruchtbaren Oasen fehlen in der westlichen fast ganz, denn einige kleine Oasen sind kaum so zu nennen, auch werden die Wasserstellen bald verschüttet. Mehrere Heere und Caravanen haben darin ihren Untergang gefunden, am bekanntesten ist in dieser Hinsicht das Heer des Cambyses und eine im Jahre 1805 umgekommene Caravane von 2000 Menschen. Der Wind ist

meistens nordöstlich, und in der trocknen Jahreszeit am furchtbarsten; die Regenzeit vom August bis September ist nur kurzdauernd. Wegen des tiefen Sandes ist in der westlichen Wüste gar kein springendes Wasser, und kann nur mit grofser Mühe in bedeutender Tiefe gefunden werden. Man mauert die Brunnen bei gänzlichem Mangel an Steinen mit Kameelknochen aus, bedeckt sie mit Kameelhäuten, und so finden die Caravanenführer sie in der Regel wieder, wenn sie auch lanzenhoch mit Sand überschüttet sind. Dafs Caravanen die westliche Wüste fast in ihrer gröfsten Breite von Sijilmessa nach Tombuktu hin durchschneiden, erscheint grausenerregend, wenn man nur auf einer Charte den furchtbaren Sandocean anblickt. Einige gegrabene Brunnen, z. B. zu Haher, Araoan, Taffilalet u. s. w. gewähren das einzige Labsal, aber der Tod drohet den Caravanen, wenn sie die Brunnen nicht zu rechter Zeit finden oder noch schlimmer, wenn sie bei ihrer Ankunft vertrocknet sind, wie Letzteres bei Taffilalet der Fall war, als im Jahre 1805 die grofse Caravane von 2000 Menschen und 1800 Kameelen dort umkam. Die Caravanen haben daher Führer (*Chabri's*, Weise) welche die Strafsen kennen und sich nach einzelnen Felsen, den herrschenden Winden und dem Polarsterne richten; aber dennoch berichtet Browne, dafs selbst bei der Dar-Fur Caravane oft Kundschafter ausgesandt wurden, um die Gegenden zu erforschen.

Unter die grofsen Beschwerden einer Reise in jenen Wüsten gehören aufser den allgemeinen Entbehrungen noch die Sandwinde und Sandsäulen. Ein stets brennend heifser Wind trocknet die Wasserschläuche aus, und ein Trunk wird zuweilen mit 10 bis 500 Dollars bezahlt. Selbst die Kameele sterben zuweilen vor Durst und Ermattung, wie die vielen zerstreuten Knochen derselben zeigen, denn viel seltener werden sie ihres Fleisches und Wassers wegen geschlachtet. Vögel wagen sich nur bis auf gewisse Weiten in das Sandmeer, und sind daher den Caravanen frohe Boten der nahen Rettung; zuweilen aber werden sie von Stürmen fortgerissen und kommen um. An Wasserstellen findet man Elephanten und Eber, die sich dorthin ziehen, am weitesten dringen Löwen und Panther in die Wüste, einen bleibenden Aufenthalt haben dort blofs Antilopen und Strauſse. An einigen Stellen wachsen Disteln, zuweilen Mimosen und dürres Strauchwerk, Wegeszeichen für die

Caravanen und oft wochenlang Futter für Kameele und Esel. Alle gröfseren Gesträuche müssen dem Flugsande weichen, und werden auf allen Fall durch die Aequinoctialstürme vertilgt[1].

11. In *America* sind am häufigsten die mit verschiedenen örtlichen Namen bezeichneten *Llanos*, z. B. die von Varinas, von Caraccas u. a., nur etwa 40 bis 50 Toisen über der Meeresfläche erhabene Ebenen, welche keine Binnenseen haben, wie Gobi, sondern das gesammelte Wasser dem Orenoco zusenden. Der Fall der hierdurch gebildeten Flüsse ist so geringe, dafs namentlich der Arauca beim Anschwellen jenes Stromes zuweilen rückwärts fliefst. Den Namen Llanos verdienen sie sehr, denn sie haben gar keine Erhebungen, selbst in einer Ausdehnung von 15 Quadratmeilen oft nicht einen Fufs hoch. Sie gleichen daher so sehr der Meeresfläche, dafs v. Humboldt sagt, man finde sich geneigt Sonnenhöhen mit dem Sextanten zu nehmen, wenn die Nebel es nicht hinderten. In ihnen befinden sich die sogenannten *bancos*, wirkliche Klippen, gebrochene Sand- oder Kalksteinlager im Becken der Ebenen, 4 bis 5 F. emporragend, gegen 1 bis 2 Meilen lang, völlig waagerecht und parallel laufend mit der Oberfläche der Ebenen, und so in dieselben eingesenkt, dafs man blofs ihre Ränder finden kann. Aufserdem findet man schwache, sehr allmälig erhobene Wölbungen, welche blofs durch Nivellement aufzufinden sind, indem sie auf weite Strecken nur bis zu etlichen Toisen anwachsen. Sie werden *Mesas* genannt, als Mesas de Amana, de Guanipa, de Jonoro u. s. w. Ihrer geringen Höhe ungeachtet bilden sie die Wasserscheiden, und werden daher auf manchen Charten unrichtig wie Bergzüge bezeichnet. Man berechnet ihre Ausdehnung auf 8000 Quad. Meilen[2].

12. Die *Pampas* von Buenos-Aires und von Chaco bieten dem Reisenden während 20 bis 30 Tagen nichts als des Oceans ebene Fläche dar. Zur Regenzeit sind sie, wie die Llanos, mit üppigem Grün bekleidet, werden aber zunehmend dürrer, je länger die Trocknifs dauert, die Pflanzen zerfallen dann in Staub, die Erde bekommt weite Spalten, und Krokodile

---

1 So viel mag aus einer grofsen Menge Thatsachen hier genügen, um eine Beziehung bei der Erklärung verschiedener physikalischer Phänomene zu gestatten. Ausführlich ist Ritter a. a. O. I. 353.

2 v. Humboldt Reis. III. 255.

nebst grofsen Schlangen bleiben im vertrockneten Schlamme liegen; jedoch bleiben die Stellen, wo Flüsse oder Quellen sind, stets grün, auch erhalten sich dort selbst in der gröfsten Trocknifs Büsche einer Palmart, der Mauritia. Uebrigens sind sie leer von Bäumen, und der Aufenthalt verwilderter Ochsen und Pferde. Die Ausdehnung der ganzen Fläche ist ohngefähr so grofs als der Llanos, aber sie verlängern sich südlich noch um 18 Breitengrade, so dafs sie von der Region der Palmbäume sich in die des ewigen Eises erstrecken.

13. Eine dritte grofse, jedoch minder auffallende Ebene bieten die *Bosques* oder *Selvas* des Amazonenstromes, welche gröfser als die des Madeira und Rio negro sind. Die ganze, auch einige Berge in sich begreifende Waldregion des Amazonenstromes dehnt sich von 17° S. B. bis 7° oder 8° N. B. aus, begreift 60000 Quadratmeilen, und ist also ohngefähr sechsmal so grofs als Frankreich. Die Europäer kennen blofs die Ufer einiger sie durchziehender Flüsse [1].

14. In Osten und Westen des Felsengebirges von Neumexico befinden sich mehrere nicht unbedeutende Ebenen, welche mit Pflanzen, meistens aus den Chenopodienfamilien, bedeckt sind.

15. Ganz pflanzenleere, mit Kiessand bedeckte Wüsten, wie die Sahara, giebt es in gröfserer Ausdehnung in America nicht. Blofs in dem tieferen Theile von Peru, zwischen Ametope und Coquimbo, an den Gestaden der Südsee, fand v. Humboldt kleine Strecken dieser Art. Die Spanier nennen sie nicht Llanos, sondern *Desiertos*, wie z. B. die von Sechura und von Atacamez. Die Wüste ist nicht breit, aber etwa 200 Meilen lang. Der Felsengrund liegt unter dem Sande, nie fällt Regen, und wie die Sahara nach Tombuktu zu, so bietet auch diese Wüste nach Huaura hin eine reiche Steinsalzgrube dar. Dieser ähnlich sind die *Campos dos Parecis*, eine ausgedehnte Sandwüste in Brasilien, worin die Flüsse Tapaios, Paraguai und Madeira entspringen. Sie dehnt sich über die höchsten Gebirgsrücken aus, ermangelt beinahe alles Pflanzenwuchses, und erinnert an die Gobi in Asien.

Eine eigene Classe von Ebenen endlich bilden die zwischen hervorragenden hohen Bergspitzen oder auf dem Rücken

1 v. Humboldt a. a. O. III. 262.

der Bergketten ausgebreiteten *Bergebenen* (Plateaux), aus denen im ersteren Falle die Bergspitzen emporgestiegen zu seyn scheinen, oder auf denen man sich oft unerwartet wie in einer niedrigen Ebene befindet, wenn man durch lange Thäler zwischen Felsenklippen emporgestiegen ist, und auf eine Bergspitze zu kommen erwartet. Man findet sie nicht selten. Unter die bedeutendsten gehört eine ausgedehnte in Habesch[1], die grofse Asiatische der östlichen Gobi, deren Höhe zwar nicht genau bestimmt, aber gewifs sehr bedeutend ist, wie schon aus der Höhe der umgebenden Berge, des Altai, Imaus u. a. folgt, insbesondere die bekannte ausgezeichnete Bergebene von Quito, worauf Sta. Fe de Bogota in einer Höhe von 8160 F. und Antisana in 12600 F. liegt, ferner die zwar minder hohe, aber sehr ausgedehnte von Mexico, welche sich im Ganzen von 18° bis gegen 40° N. B. erstreckt und mehrere hohe Berggruppen enthält. Mehrere andere in allen Welttheilen können hier nicht einzeln namhaft gemacht werden.

D. Gewässer der Erde.

Zur physischen Geographie gehört hauptsächlich noch die Untersuchung des Wassergehaltes der Erde. Hierbei kommen in Betrachtung zuerst die fliefsenden Gewässer, als Quellen, Bäche, Flüsse und Ströme, dann die stillstehenden, als Lachen, Sümpfe, Teiche und Seen, endlich die sich hier anschliefsenden Meere von den kleineren eingeschlossenen bis zu den grofsen Oceanen. Von den hauptsächlichen Merkwürdigkeiten der hier im Allgemeinen genannten Gegenstände wird an seinem Orte besonders gehandelt werden[2].

VIII. Ursprung und Veränderungen der Erde und ihrer Oberfläche.

Dieser sehr weitläuftige Theil derjenigen Untersuchungen, welche man rücksichtlich der Entstehung und Veränderung unseres Erdballes angestellt hat, wird gröfstentheils oder vielmehr ganz zu einer eigenen wissenschaftlichen Disciplin, der *Geologie* gerechnet. Es gehört dabei allerdings in das Gebiet der Physik, genau zu prüfen, ob und wie weit die bekannten Naturkräfte

1 S. Lobo Reis. I. 145.

2 S. die hier genannten Artikel *Bäche*. S. *Flufs*.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

hinreichen, um aus ihnen sowohl die anfängliche Entstehung der Erde abzuleiten, als auch diejenigen allmäligen Veränderungen zu erklären, welche anzunehmen entschiedene Thatsachen berechtigen. Weil aber hierbei gar viele Hypothesen erwähnt werden müssen, das Ganze zugleich eine weitläuftigere Untersuchung erfordert, als hier schicklich Platz finden könnte, so verspare ich dasselbe für den Artikel *Geologie*. *M.*

Erdferne.

Apogaeum; (Von ἀπὸ und γῆ die Erde); *Apogée;* Apogee, the higher apsis; ist der Punct, wo der *Mond* von der Erde am entferntesten ist. Man gebraucht das Wort jetzt nur noch in Beziehung auf den Mond, da er allein als eine elliptische Bahn um die Erde beschreibend anzusehen ist, in welcher er am einen Ende der Axe sich in der Erdferne, dem entferntesten Puncte der Apsidenlinie, befindet.

Bei dieser Erdferne ist sein scheinbarer Durchmesser nur 28′ 56″, statt dafs er in der Erdnähe 33′ 51″ erscheinen kann. (Nämlich der geocentrische scheinbare Durchmesser, der von dem, nach der Stellung über dem Horizonte veränderlichen scheinbaren Durchmesser, so wie wir ihn sehn, etwas verschieden ist). Die Parallaxe des Mondes ist bei seiner Erdferne 53′, bei seiner Erdnähe 62′.

Auch der *Sonne* kann man allerdings eine Erdferne zuschreiben, da aber die Erde es ist, welche sich bewegt, so sagen wir richtiger, die Erde befinde sich in der Sonnenferne.

Die *Planeten* erreichen auch eine gröfste Entfernung und eine kleinste Entfernung von der Erde, indem sie sich in ihren Bahnen um die Sonne bewegen. Die untern Planeten, Venus und Mercur, sind von der Erde am entferntesten, und erscheinen daher am kleinsten, wenn sie in ihrer obern Conjunction jenseits der Sonne, ungefähr hinter dieser vorbei gehn; sie sind der Erde am nächsten und erscheinen (so lange der Glanz der Sonne und das Abnehmen der erleuchteten Phase erlaubt, sie zu sehen) am gröfsesten in der untern Conjunction, da sie zwischen uns und der Sonne entweder vor dieser genau vorbei oder oberhalb oder unterhalb derselben hin gehen.

Die obern Planeten sind in der Erdferne, wenn sie in ihrer Bahn sich jenseits der Sonne, mit ihr in Conjunction be-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

finden, daher dann auch vorzüglich der Mars sich auffallend klein zeigt. Sie sind in der Erdnähe, wenn sie in Opposition mit der Sonne gerade um Mitternacht im Meridian erscheinen. Am Mars ist es am auffallendsten, dafs er dann sehr grofs erscheint, weil er bei seiner Erdferne fast 4 mal so entfernt, als bei seiner Erdnähe ist. *B.*

Erdkugel

Erdglobus ist eine Kugel mit einer bildlichen Darstellung sowohl der mathematischen Eintheilung unseres Erdballes, als auch seiner Oberfläche rücksichtlich der Vertheilung von Land und Wasser, zuweilen auch der Erhabenheiten und Vertiefungen der Erde, und noch öfterer der politischen Eintheilung der Länder. Inzwischen gehört die Aufgabe, die Eintheilungen der Erdoberfläche auf einer Kugel zu zeichnen, zur praktischen Geometrie, das Technische der Verfertigung solcher Globen aber zur Technologie, und kann daher hier überall nicht abgehandelt werden. *M.*

Erdnähe.

Perigaeum; Perigée; *Perigee*, ist die gröfste Annäherung zur Erde, also das Gegentheil der Erdferne, und so kann sie aus dem, was über diese leztere gesagt ist, leicht erklärt werden. *B.*

Erdpole. S. *Erde.*

Erdstreiche, *Erdgürtel*, *Erdzonen.* S. *Erde.*

Erfahrung.

Experientia; Expérience; *Experience.* Dafs wir zu den Erfahrungen, welche in der Physik die Grundlage der auf sie gebaueten Naturgesetze bilden, durch Beobachtungen und Versuche gelangen, ist oben unter dem Artikel *Beobachtung* Th. 1. S. 884 gesagt, und ebendaselbst zugleich gezeigt, auf welche Weise der Physiker die beiden angegebenen Mittel benutzt, um durch dieselben zu den ihm unentbehrlichen Erfahrungen zu gelangen. Inwiefern aber das Sammeln, Prüfen und Behalten der Erfahrungen eine Thätigkeit der Seele erfordert und mit dem Psychischen zusammenhängt, diese Untersuchung gehört theils zur Logik, theils zur Psychologie, und mufs daher diesen wissenschaftlichen Zweigen überlassen bleiben. *M.*

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Eriometer.

(von ἔριον Wolle und μέτρον das Mafs) ein Werkzeug, die Feinheit der Wolle und aller andern feinen Substanzen zu messen. Thomas Young hat dasselbe angegeben [1], allein es ist gleich anfangs und auch späterhin wenig beachtat, obwohl insbesondere bei der vorherrschenden atomistischen Ansicht leicht mehrfacher Gebrauch davon gemacht werden könnte. Dieser Gelehrte wollte nämlich untersuchen, ob man die viel besprochenen Kügelchen im Blute, Speichel, Eiter u. s. w. wahrnehmen könne, und fand die beste Methode hierzu darin, dafs er Tropfen der Flüssigkeiten, mit Wasser verdünnt und an einem Theelöffel hängend, im dunkeln Zimmer gegen helles Kerzenlicht hielt, indem sich dann zunächst um das dunkele Kügelchen ein erhelltes Feld, und um dieses farbige Ringe bildeten, ein rother, dann ein grüner u. s. w. eine aus der Beugung des Lichtes leicht erklärliche Erscheinung. Zugleich entging ihm die Bemerkung nicht, dafs diese Ringe jederzeit so viel gröfser waren, je weniger die betrachteten Körper im Durchmesser hielten, und es bedurfte daher nur eines Mittels, die Gröfse der Ringe zu messen, und ihren Normalwerth nach einer bekannten Gröfse festzusetzen, um hierdurch wieder das Mafs für andere Körper zu erhalten. Letzteres erreichte er am besten dadurch, wenn er die beobachteten Farbenringe, wozu sich namentlich der erste grüne am besten eignet, auf einen in bestimmter und stets gleichbleibender Entfernung befindlichen dunkeln Grund projicirte, und ihre Durchmesser vermittelst einer Scale mafs, welche in sehr kleinen, in dem dunkelen Bleche gemachten Löchelchen bestand, auf welches die Farbenringe projicirt wurden. Das Instrument besteht demnach aus einem Messingblech mit zwei Löchelchen für die verschiedenen Messungen, das eine von $\frac{1}{30}$, das andere von $\frac{1}{50}$ Z. Durchmesser, jenes mit einem Kreise von 8 bis 10 der feinsten Puncte, in einem Halbmesser von $\frac{1}{3}$ Z., dieses mit einer gleichen Anzahl im Halbmesser von $\frac{1}{5}$ Z. umgeben, und jedes mit der erforderlichen Scale versehen. Vor dieses Blech werden faserige Körper an einem Schieber ausge-

1 Remarks on the Measurement of minute Particles, especially those of the blood and of Pus. From Dr. Young's Medical Literature. Lond. 1813. 8. p. 545. Vergl. Ann. of Phil. II. 115. Bibl. Brit. LV. 167.

spannt gebracht, Pulver und Flüssigkeiten aber zwischen zwei feinen und sehr durchsichtigen Gläsern, so dafs man sie in die Mitte des runden Loches bringen, vermittelst einer starken argandschen Lampe oder mehrerer hinter einander stehender Lichter betrachten, und die entstehenden Ringe auf die Scale des Bleches projiciren kann. Personen, welche nicht kurzsichtig sind, müssen sich dabei meistens einer Linse bedienen, auch kann man das Sonnenlicht anwenden, wenn man das *Eriometer* vor einem Fernrohre befestigt. Durch vergleichende Messungen fand Young, dafs ein Grad der Scale seines Instrumentes $\frac{1}{30000}$ eines Zolles bestimmte, und er stellte hiernach eine Menge Messungen der verschiedensten Substanzen an, wodurch er unter andern die Milchtheilchen = 3°, die Blutkügelchen = 6°—7°, Eiter 7°,5 seiner Scale fand. *M.*

Erkaltung.

Das Erkalten, Abkühlung; *Refrigeratio*; Refroidissement; *Cooling;* bezeichnet denjenigen Naturproceſs, wonach die Wärme diejenigen Körper, an welche sie in verschiedenem Verhältnisse der gröfseren oder geringeren Intensität gebunden ist, nach gewissen bestimmten Gesetzen verläfst. Die letzteren werden aus der Natur derjenigen eigenthümlichen Potenz, welche wir Wärme nennen, mit Rücksicht auf das Wesen und die äufsere Beschaffenheit der verschiedenen Körper entwickelt. Weil aber diese Gesetze mit den Bestimmungen des Wesens der Wärme und anderweitigen ähnlichen Erscheinungen innig zusammenhängen, so lassen sie sich hiervon nicht füglich trennen, und werden daher am besten unter dem Artikel *Wärme* abgehandelt. *M.*

Erleuchtung.

Illuminatio; Illumination; *Illumination. Erleuchtet* nennen wir diejenigen Gegenstände, die ihr Licht von andern, Licht aussendenden, Körpern empfangen, und dieser Erleuchtung durch fremdes Licht schreiben wir eine verschiedene Intensität zu, die sich nach gewissen Regeln bestimmen läfst. Das Auge ist nicht so geradehin ein sicherer Richter über den Grad der Erleuchtung, theils schon deshalb weil wegen der ungleichen, bald gröfsern bald geringern, Oeffnung der Pupille der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Eindruck, welchen einerlei Licht auf unser Auge macht, ungleich ist, theils und vorzüglich, weil das Auge nur den gesammten Glanz, allenfalls beurtheilt, und auch da doch nur über Gleichheit und Ungleichheit, nicht aber über ein Mafs der Ungleichheit, ob der gesammte Glanz doppelt so grofs sey, u. s. w. zu urtheilen vermag. Um hier die Bedeutung der Worte strenge festzusetzen, will ich, nach LAMBERT's Anleitung, folgende Unterscheidungen bemerken[1].

1. Wir legen jedem leuchtenden Körper eine Helligkeit (claritas) bei, die wir die *erleuchtende Kraft* (*vis illuminans*), *den Glanz* (*splendor*) desselben nennen, und unterscheiden davon die durch jenen leuchtenden Körper den Gegenständen mitgetheilte Helligkeit, die nun eben Erleuchtung (*illuminatio*) heifst. Jener Glanz des Körpers kann bei bestimmter gleichbleibender wahrer und scheinbarer Gröfse sehr ungleich, also die *Intensität des Lichtes* bei leuchtenden Körpern verschieden seyn. Hiernach ist auch die Helligkeit, so fern sie dem Auge erscheint (*claritas visa*), verschieden, und diese hängt nicht von dem gesammten Eindrucke ab, den der Glanz des Lichtes auf unser Auge macht, sondern von der Lichtstärke jedes Punctes; daher sagen wir, dafs die eigentliche dem Auge sich darstellende Helligkeit (*claritas visa*) eines Gegenstandes mit der Entfernung nur dann abnimmt, wenn das Licht in der Luft oder in den Medien, die es durchläuft, eine Schwächung leidet, und dafs sie ungeändert bliebe, wenn wir darauf nicht Rücksicht nehmen; dagegen ist der gesammte Glanz eines entfernten Lichtes geringer als des nähern, und auch die Erleuchtung, welche es hervorbringt, ist geringer. Jeder einzelne Punct der Sonne würde uns eben so hellglänzend erscheinen, wenn sie auch doppelt so weit hinausgerückt würde; aber da sie dann nur einen halb so grofsen scheinbaren Durchmesser hätte, so würde die durch sie bewirkte Erleuchtung sehr geschwächt seyn.

2. Die Erleuchtung, welche eine dem Lichte ausgesetzte Ebene empfängt, hängt offenbar ab theils von der eigenthümlichen Lichtstärke des erleuchtenden Lichtes, theils von der Entfernung desselben, theils von der Neigung der erleuchteten Ebene gegen die Lichtstrahlen; und da die aus diesen drei Um-

1 J. H. LAMBERT Photometria, sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Aug. Vindel. 1760. §. 36. sq.

ständen hervorgehenden Verschiedenheiten sich nach theoretischen Gründen voraussehen lassen, so ergeben sich Vergleichungen, die zu weiteren Schlüssen führen. Obgleich wir nämlich nicht in allen Fällen so sicher bestimmen können, ob zwei erleuchtete Flächen eine gleiche Erleuchtung genieſsen, so beurtheilt doch das Auge die Gleichheit oder Ungleichheit der Erleuchtung dann leicht, wenn zwei erleuchtete Ebenen genau von gleicher Beschaffenheit und neben einander gestellt vor unserem Auge liegen; und da wir mit allem Rechte annehmen dürfen, daſs zwei gleiche Lichter, nahe zusammen aufgestellt, eine doppelt so groſse Erleuchtung bewirken, und eben so bei mehrern die Erleuchtung im Verhältnisse ihrer Zahl wachse, so bietet sich darin ein Mittel zu mehrern Vergleichungen dar.

3. Wir dürfen mit Grunde vermuthen, daſs einerlei Licht, derselbe leuchtende Körper, in der halben Entfernung eine viermal so starke Erleuchtung als in der ganzen Entfernung bewirkt, oder daſs die Erleuchtung unter sonst gleichen Umständen den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional sey. Denn wenn man den leuchtenden Punct als Mittelpunct einer Kugel ansieht, so wird ja alles von ihm ausgehende Licht verwendet, um die innere Kugeloberfläche zu erleuchten; da nun diese dem Quadrate des Halbmessers proportional ist, und es immer dieselben Lichtstrahlen sind, die in gröſserer Entfernung die gröſsere, in geringerer Entfernung die kleinere Kugeloberfläche erleuchten, so scheint es theoretisch gewiſs, daſs die Erleuchtung dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional seyn muſs.

Aber auch Versuche bestätigen dieses Gesetz. Man stelle einer weiſsen Wand C E B gegenüber ein Licht in K, und zwei eben so hell leuchtende in A nahe bei einander auf. Ein undurchsichtiger Schirm H I sey zugleich so aufgestellt, daſs sein durch das Licht K hervorgebrachter Schatten von der Linie D F, und sein durch die vereinigten Lichter A hervorgebrachter Schatten durch eben diese Linie begrenzt werde; daſs also der Raum zunächst an D F gegen C zu nur von dem einen Lichte, und der Raum zunächst an D F gegen B zu nur von den zwei Lichtern erleuchtet werde. Wenn alles so geordnet ist, so erkennt das Auge leicht, ob die Erleuchtung der Fläche E B, nahe an der Linie D F, an beiden Seiten gleich oder ungleich ist, und man kann, indem man das Licht K auf der Linie K H näher heran rückt oder mehr entfernt, es so einrichten, daſs diese

Fig. 186.

Gleichheit der Erleuchtung statt findet. Stehen nun die Lichter K und A zu gleicher Zeit so, dafs sie die Gegend um DF beinahe genau mit senkrecht auffallenden Strahlen erleuchten, und ist die Wand ganz gleichförmig weifs, so kann man schliefsen, dafs die als gleich erscheinende Erleuchtung, die an der einen Seite von einem Lichte, an der andern Seite von zwei Lichtern bewirkt wird, ein richtiges Mafs für die mit gröfserer Entfernung abnehmende Erleuchtung gebe. Hier zeigt sich nun wirklich, dafs die Abstände $DA : DK = \sqrt{2} : 1$, seyn müssen, oder allgemein, dafs die Anzahl der Lichter in A zur Anzahl der Lichter in K sich verhält wie die Quadrate der Entfernungen derselben von der erleuchteten Fläche.

4. Ebenso scheint ein anderes Gesetz für die Erleuchtung sich aus theoretischen Gründen herleiten zu lassen. Wenn Lichtstrahlen, die alle mit AB, CD parallel einfallen und den ganzen Raum zwischen AB, CD erfüllen, die Ebene BD erleuchten, so vertheilt sich hier die Erleuchtung auf eine gröfsere Fläche, als wenn eben die Strahlen von der gegen ihre Richtung senkrechten Ebene DE aufgefangen würden; es mufs also ohne Zweifel der Grad der Erleuchtung gröfser für DE als für DB seyn, und die Grade der Erleuchtung müssen sich, darf man wohl schliefsen, umgekehrt wie die Flächen verhalten, das ist, der Grad der Erleuchtung mufs dem Sinus des Winkels ABD, den die Strahlen mit der Ebene machen, proportional seyn. Die Erfahrung bestätiget auch dieses Gesetz. Stellt man nämlich in C ein Licht auf, welches in A die Wand mit senkrecht auffallenden Strahlen erleuchtet, und in D ein Licht, welches ganz nahe bei A in B, mit schief auffallenden Strahlen, die Wand erleuchtet, so findet man, dafs $\left(\frac{1}{AC^2}\right) = \frac{\text{Sin. DBG}}{BD^2}$ seyn mufs, oder $AC^2 : BD^2 = 1 : \text{Sin. DBG}$. Man hätte auch in C ein Licht und in D mehrere Lichter, n an der Zahl, stellen können, dann würde sich finden, dafs $\frac{1. \text{ Sin. tot.}}{AC^2} = \frac{n. \text{ Sin. DBG}}{BD^2}$ seyn müsse.

Fig. 187.

Fig. 188.

5. Wir haben gewöhnlich nicht den Fall zu betrachten, wo von einem einzigen leuchtenden Puncte Licht ausgeht, sondern es ist eine leuchtende Oberfläche, welche die Erleuchtung einer gewissen Fläche bewirkt; es entsteht daher die Frage, wie die Erleuchtung von der Lage der leuchtenden Fläche oder von dem

Aussendungswinkel (*angulus emanationis, angulus emissionis*) abhängt. Eine einfache Erfahrung beantwortet diese Frage sehr gut[1]. Wenn wir eine weifse, von der Sonne erleuchtete Ebene ansehen, so erscheint uns diese bei jeder willkürlich gewählten Stellung des Auges gleich weifs oder mit einem gleichen Grade von Helligkeit, vorausgesetzt, dafs wir kein durch eigentliche Reflexion, wie vom Spiegel, zurückgeworfenes Licht empfangen. Bleibt nun das Auge gleich weit entfernt, so erscheint in C der kleinere Theil AD der Wand, in E der gröfsere Theil AB unter gleichem Sehewinkel, und da der Eindruck auf das Auge in beiden Fällen gleich bleibt, so dürfen wir schliefsen, dafs auch die erleuchtende Kraft des Theiles AB für den Punct E eben so grofs sey, als die erleuchtende Kraft des Theiles AD es für C ist. Sind nun $AE = AC$ und $AEB = ACD$, so ist $AB = \frac{AE.\ Sin.\ AEB}{Sin.\ ABE} = \frac{AD.\ Sin.\ ADC}{Sin.\ ABE}$; die Erfahrung zeigt also, dafs die erleuchtende Kraft gleich ist, wenn $AB.\ Sin.\ ABE = AD.\ Sin.\ ADC$, oder da wir die Menge des ausgesendeten Lichtes unter sonst gleichen Umständen der Gröfse der Fläche proportional annehmen müssen, so ergiebt sich hier, dafs diese Menge des ausgesendeten Lichtes zugleich der Gröfse der Fläche und dem Sinus des Aussendungswinkels proportional sey.

Fig. 189.

Hieraus ergiebt sich nun ferner, dafs von einer kleinen leuchtenden Ebene ABCD aus, eben die Lichtmenge auf den Punct P hin gelangt, oder dafs die Erleuchtung des Punctes P eben so grofs ist, wie sie seyn würde, wenn eine mit eben der Intensität des Lichtes ausgestattete Ebene die Pyramide PABCD anderswo, etwa wie abcd schlösse. Oder mit andern Worten, wenn man sich den erleuchteten Punct als Spitze einer Pyramide denkt, und die Licht aussendende Fläche, sie mag eben oder krumm seyn, als Grundfläche derselben, so würde jede mit derselben Intensität des Lichts begabte Fläche, wenn sie zwischen eben den Seitenwänden der Pyramide eingeschlossen wäre, dieselbe Erleuchtung auf jenen Punct hervorbringen.

Fig. 190.

Dieses führt umgekehrt zu einem Verfahren, um die Intensität des Lichtes zweier leuchtender Körper zu vergleichen. Besäfsen wir irgend ein kugelförmig gebildetes Licht von eben dem

---

1 Lambert §. 84.

eigenthümlichen Glanze wie die Sonne, so müfste dieses auf einen Punct, von welchem aus es 32 Minuten scheinbaren Durchmesser hätte, eben die Erleuchtung wie die Sonne selbst hervorbringen; und wenn wir also finden, dafs ein Kerzenlicht, dessen scheinbare Gröfse der scheinbaren Gröfse der Sonne gleich ist, nur eine $\frac{1}{12000}$ so starke Erleuchtung bewirkt[1] als die Sonne, so werden wir die Intensität des Sonnenlichts gleich dem 12000 fachen des Kerzenlichts setzen dürfen[2].

6. Wenn wir also die Erleuchtung bestimmen wollen, welche irgend einem kleinen Theile einer Ebene zu Theil wird, so kömmt es dabei auf die Intensität des Lichtes der leuchtenden Fläche, auf ihre scheinbare Gröfse und Gestalt und auf die Neigung an, unter welcher die Lichtstrahlen die erleuchtete Ebene treffen.

Fig. 191.

Wenn sich über der sehr kleinen Ebene A ein kreisförmig begrenzter, leuchtender Körper so befindet, dafs die von seinem Mittelpuncte B auf die Ebene A gezogene Senkrechte den Punct A trifft, so findet man die von jenem Kreise im Puncte A bewirkte Erleuchtung durch folgende Ueberlegung. Es sey des leuchtenden Kreises scheinbarer Halbmesser $BAD = \varphi$, und des kleinen bei D liegenden Theilchens scheinbare Breite $= d\varphi$, so wird, wenn man die Intensität des Lichtes $= J$ nennt, die durch D hervorgebrachte Erleuchtung in $A = d\psi . d\varphi . J . \text{Cos.}\varphi$ seyn, weil nämlich Cos. φ dem Sinus des Neigungswinkels, unter welchem der Lichtstrahl die Ebene A trifft, gleich ist. Aber für den ganzen Ring, dessen scheinbarer Halbmesser $= \varphi$ ist, sind alle Umstände ganz eben so, also können wir statt der zweiten Abmessung $d\psi$ des Theilchens D, sogleich den ganzen Umfang des Ringes $= 2\pi . \text{Sin.}\varphi$ setzen, so dafs die durch den ganzen Ring bewirkte Erleuchtung in A, $= 2\pi d\varphi . J . \text{Sin.}\varphi \text{Cos.}\varphi$, und folglich die durch den ganzen Kreis bewirkte Erleuchtung $= \pi . J . \text{Sin.}^2\varphi$ ist.

Die Erleuchtung in dem Puncte A, den die vom Mittelpuncte des erleuchtenden Kreises gegen die Ebene A senkrecht gezogene Linie trifft, ist also dem Quadrate des Sinus, der dem scheinbaren Halbmesser des Kreises zugehört, proportional.

---

1 Leslie's Versuche, die sich auf das Verhalten der Luft zur Wärme und Feuchtigkeit beziehen, übers. von Brandes S. 66.

2 Vergl. auch v. Zach Mon. Corr. VIII. 304.

Wäre $\varphi = 90°$, oder nähme von A ausgesehen, der leuchtende Kreis scheinbar die ganze Halbkugel ein, wie es geschehen würde, wenn entweder BD unendlich grofs, oder AB unendlich klein wäre, so würde die Erleuchtung in $A = \pi . J.$ seyn. Lambert nennt diesen Werth die *absolute Erleuchtung*, weil der Körper, dessen Lichtstärke $= J$ ist, bei keiner Gröfse dem Puncte A eine stärkere Erleuchtung ertheilen kann.

7. Wäre BD eine Kugel vom Halbmesser $= r$, so würde ihre von A aus gesehene scheinbare Gröfse, wenn $AB = a$ ist, durch $\varphi =$ Ang. Sin. $\frac{r}{a}$ angegeben, da die von A aus an die Kugel gezogene Tangente $= \sqrt{(a^2 - r^2)}$ wäre. Die durch diese Kugel in A bewirkte Erleuchtung würde also $= \pi J . \text{Sin.}^2 \varphi = \frac{\pi J . r^2}{a^2}$ seyn, also dem Quadrate des wahren Halbmessers direct, und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional.

8. Wenn der kreisförmig begrenzte Körper nicht in der Stellung gegen die zu erleuchtende Ebene ist, dafs sein Mittelpunct senkrecht über dem Puncte steht, dessen Erleuchtung wir suchen, so wird die Betrachtung etwas schwieriger. Es sey Fig. 192. IL dieser Körper und K der kleine Theil der Ebene, dessen Erleuchtung wir suchen; AEB sey der gröfste Kreis, wo die erweitert gedachte Ebene K die Kugelfläche trifft, auf welcher wir den Kreis IL gezeichnet denken; G sey dieses kleineren Kreises Mittelpunct, C des Kreises AEB Pol, $GC = a$, $MG = x =$ dem scheinbaren Halbmesser des leuchtenden Kreises; endlich sey für irgend einen Punct M dieses Kreises $CGM = y$, also Cos. $CM =$ Cos. a Cos. x + Sin. a. Sin. x. Cos. y. der Punct M, dessen scheinbare Gröfse durch dx. Sin. x. dy ausgedrückt wird, weil des Kreises IL Halbmesser $=$ Sin. x ist, bringt auf der Ebne K eine Erleuchtung $= J . dx . dy . \text{Sin. x. Cos. CM}$ hervor, weil Cos. CM der Sinus des Neigungswinkels ist, unter welchem die Strahlen auf K auffallen, und diese von M ausgehende Erleuchtung $= J dx . \text{Sin. x.} (dy . \text{Cos. a Cos. x} + dy \text{ Sin. a Sin. x. Cos. y})$, würde, in Beziehung auf y integrirt die von dem ganzen Ringe, dessen scheinbare Breite $= dx$ ist, bewirkte Erleuchtung angeben $= J \text{ Cos. a. y. dx Sin. x Cos. x} + J \text{ Sin. a. Sin. y. dx. Sin.}^2 x.$ Aber dieses Integral mufs von $y = 0$ bis $y = 2\pi$ genommen werden, und giebt dann die Erleuchtung durch den ganzen Ring

$= 2\pi$. J. Cos. a. dx. Sin. x. Cos. x. und folglich vermöge der zweiten Integration die durch den ganzen Kreis bewirkte Erleuchtung $= \pi$ J. Sin.^{2} x. Cos. a.

Für einen leuchtenden Kreis also findet die einfache Regel statt, dafs die von ihm der kleinen Ebene ertheilte Erleuchtung dem Sinus des Neigungswinkels, welchen die vom Mittelpuncte ausgehenden Strahlen mit der Ebene machen, proportional ist. Da π. Sin.^{2} x die Gröfse der scheinbaren Fläche des Kreises ausdrückt, so ist für einen leuchtenden Kreis, sobald die von dem erleuchteten Puncte auf seine Ebene gesetzte Senkrechte den Mittelpunct trifft, die Erleuchtung eben so grofs, als sie seyn würde, wenn die gesammte Lichtmenge $= \pi$ J. Sin.^{2} x von dem Mittelpuncte des Kreises ausginge. Eben das gilt also für eine leuchtende Kugel.

9. Da uns so oft der Fall vorkommt, dafs das Licht durch einen geradlinigt begrenzten Raum einfällt, so verdient die Frage, welche Erleuchtung in diesem Falle statt finde, eine nähere Betrachtung. Wir wollen den Punct, welcher die Erleuchtung empfängt, als in einer horizontalen Ebene liegend, oder als einen kleinen Theil einer horizontalen Ebene einnehmend ansehen. Denken wir uns diesen Punct als Spitze einer Pyramide, deren Grundfläche die geradlinigt begrenzte Oeffnung, das Fenster zum Beispiel, ist, so schneiden die fortgesetzten Seitenebnen der Pyramide auf der Oberfläche einer Kugel eine durch Bögen gröfster Kreise begrenzte vielseitige Figur ab, und unsere Frage kommt also darauf zurück, die durch ein sphärisches Vieleck oder zunächst durch ein sphärisches Dreieck, welches Licht aussendet, bewirkte Erleuchtung anzugeben. Am leichtesten läfst sich diese Frage beantworten, wenn zwei Seiten des sphärischen Dreiecks vertical sind, also sich im Zenith desjenigen Punctes der horizontalen Ebene schneiden, dessen Erleuchtung wir suchen. Macht dann auch die dritte Seite mit diesen beiden verticalen Seiten schiefe Winkel, so giebt es doch einen andern Verticalkreis, der sie senkrecht schneidet, und es ist daher zureichend, die von einem Verticaldreieck CMQ, das bei Q einen rechten Winkel hat, bewirkte Erleuchtung zu suchen. Fig. 193.

Wir denken uns einen zweiten gröfsten Kreis mq, demjenigen MQ, der das Dreieck begrenzt, unendlich nahe und ebenfalls bei q auf Cq senkrecht: so stellt Mmq Q das Differen-

tial des leuchtenden Dreiecks CMQ vor, und wenn $CQ = y$, $QM = x$, so ist $Mm = dy.\,Cos.\,x$; $MmnN = dx.dy.Cos.x$. als zweites Differential der leuchtenden Fläche. Bekanntlich aber ist im rechtwinklichen Dreieck $Cos.\,CM = Cos.\,x.\,Cos.\,y$, = dem Sinus des Neigungswinkels, unter welchem die von MmnN ausgehenden Strahlen die Ebene treffen. Die von diesem Theilchen bewirkte Erleuchtung der horizontalen Ebene im Puncte K ist also $= dx.\,dy.\,Cos.^2x.\,Cos.\,y$, folglich die durch den ganzen Streifen MmqQ bewirkte Erleuchtung $= dy.\,Cos.\,y.\left\{\frac{1}{2}x + \frac{1}{4}\,Sin.\,2x\right\}$. Dieses Integral bedarf zwar keiner hinzugefügten Constans, aber da x eine Function von y ist, indem bei gleich bleibendem Winkel MCQ sich beide Gröfsen zugleich ändern, so mufs man $Sin.\,y = \frac{Tang.\,x}{Tang.\,MCQ}$ und folglich $\frac{1}{2}\left(x + \frac{1}{2}\,Sin.\,2x\right)d.\,Sin.\,y$

$$= \frac{\frac{1}{2}\left(x + \frac{1}{2}\,Sin.\,2x\right)d.\,Tang.\,x}{Tang.\,MCQ}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\left(x.\,d.\,Tang.\,x + dx.\,Tang.\,x\right)}{Tang.\,MCQ}$$

setzen, woraus das Integral

$$= \frac{\frac{1}{2}\,x.\,Tang.\,x}{Tang.\,MCQ} = \frac{1}{2}\,x.\,Sin.\,y$$ folgt. Diese selbige Formel gilt auch noch, wenn bei Q kein rechter Winkel ist, nur mufs man dann unter y nicht die Seite CQ, sondern das von C auf die Seite MQ gefällte Perpendikel verstehen, und die durch ein Verticaldreieck bewirkte Erleuchtung ist immer gleich dem Producte aus der halben Grundlinie in den Sinus der Höhe.

10. Aus der durch ein verticales Dreieck bewirkten Erleuchtung läfst sich die jedem andern Dreieck entsprechende Erleuchtung herleiten. Es sey NFQ irgend ein sphärisches Dreieck, so ist, wenn man die Verticalkreise durch die drei Winkelpuncte zieht, die vom Dreieck NFQ bewirkte Erleuchtung der Ebene K, worauf CK senkrecht ist, gleich dem Un-

Fig. 194.

terschiede der durch CNQ + CFQ und der durch CNF bewirkten Erleuchtung. Nun ist der Sinus der Höhe des Dreiecks NQC,

$$= \text{Sin. CQ. Sin. CQN},$$

der Sinus der Höhe für das Dreieck FQC

$$= \text{Sin. CQ. Sin. CQF},$$

der Sinus der Höhe für das Dreieck FNC

$$= \text{Sin. CF. Sin. CFN},$$

also die dem Dreieck QNF entsprechende Erleuchtung

$$= \tfrac{1}{2}\,\text{QF. Sin. CQ. Sin. CQF}$$

$$+ \tfrac{1}{2}\,\text{QN. Sin. CQ. Sin. CQN}$$

$$- \tfrac{1}{2}\,\text{FN. Sin. CF. Sin. CFN}.$$

Mit Hülfe dieser Formel liefse sich auch für ein sphärisches Viereck und jede andere Figur die Erleuchtung in einem bestimmten Puncte angeben.

11. Aber immer wird hier nur die Erleuchtung, die ein einziger Punct erhält, bestimmt, und man müfste die Erleuchtung eines gröfseren Theiles der Fläche, welche Licht empfängt, entweder dadurch suchen, dafs man sie für viele einzelne Puncte berechnete, oder dadurch, dafs man die Erleuchtung *eines* Punctes der Ebene als Function der Lage des Punctes ausdrückte, und durch Integration die Erleuchtung eines gröfseren Theiles der Fläche fände. Hätte man dieses gethan, so würde man durch Division mit der Gröfse der Fläche den mittleren Grad der Erleuchtung finden.

Um nur in einigen ziemlich einfachen Fällen diese Rechnung durchzuführen, sey BI eine Kugel, welche selbst leuchtend die ebene Kreisfläche FE erleuchtet. Der senkrechte Abstand AC des Kugelmittelpunctes von der erleuchteten Ebene sey = a, und die Senkrechte AC treffe des erleuchteten Kreises Mittelpunct; CE sey = x, der Kugel Halbmesser = ϱ, so ist von E aus gesehen, der Kugel scheinbarer Halbmesser gleich dem Winkel, dessen Sinus = $\frac{\varrho}{\sqrt{(a^2+x^2)}}$ und folglich die Erleuchtung in E = $\frac{\pi . J . \varrho^2 .}{(a^2+x^2)}$ Sin. AEC = $\frac{\pi J . a\varrho^2}{\sqrt{(a^2+x^2)^3}}$. Fig. 195.

Aber auf dem ganzen Ringe, dessen Halbmesser $= x$ ist, findet dieselbe Erleuchtung statt, so dafs die gesammte Erleuchtung oder die gesammte den Ring treffende Lichtmenge

$= \frac{2\pi^2 x.dx.Ja\varrho^2}{r(a^2+x^2)^3}$ ist, folglich für den ganzen Kreis der Erleuchtung $= \frac{-2\pi^2 aJ.\varrho^2}{r(a^2+x^2)} + C$

$$= 2\pi^2 J.\varrho^2\left(1-\frac{a}{r(a^2+x^2)}\right),$$

weil das Integral mit $x=0$ verschwinden mufs. Die mittlere Intensität der Erleuchtung würde also, da des Kreises Inhalt $= \pi x^2$ ist, durch $\frac{2\pi J\varrho^2}{x^2}\left(1-\frac{a}{r(a^2+x^2)}\right.$ ausgedrückt.

Die gröfste Lichtmenge, welche die Ebene, wenn sie sich auch unendlich ausdehnte, erhalten könnte, wäre $= 2\pi^2 J\varrho^2$, und es ist der Mühe werth zu bemerken, dafs dieser Ausdruck gleich ist der absoluten Erleuchtung, multiplicirt mit dem Inhalt der halben Kugeloberfläche, welche auch eben zur Erleuchtung beiträgt[1].

12. Ein zweiter Fall, von dem wir sogleich Gebrauch machen werden, ist folgender. Ein sehr kleiner ebener Kreis, dessen Halbmesser $= \varrho$, sende Licht aus, um eine mit seiner Ebene parallele Ebene zu erleuchten; wie grofs ist die durch ihn bewirkte Erleuchtung für einen Kreis, dessen Mittelpunct von der aus dem Mittelpuncte des leuchtenden Kreises gegen beide Ebenen herabgelassenen Senkrechten liegt? Es stelle G den leuchtenden Kreis, AB die erleuchtete Kreisebene vor. Es sey $GC = a$, $CA = x$ der Halbmesser des erleuchteten Kreises, also $GA = r(a^2+x^2)$, ferner der Sinus des Emissionswinkels, unter welchem die Lichtstrahlen den Kreis G verlassen, $= \frac{a}{r(a^2+x^2)}$ und eben so grofs der Neigungswinkel der bei A auffallenden Strahlen. Die Intensität des Lichtes in G sey $= J$, die Gröfse der Kreisfläche $= \pi\varrho^2$, die aber als sehr klein angenommen wird, damit für alle Puncte der Emissionswinkel derselbe sey. Da für den ganzen Ring, dessen Halbmesser $CA = x$ ist, die Umstände dieselben bleiben, und in jedem Puncte dieses Ringes die Erleuchtung $=$

Fig. 196.

1 Aehnliche Theoreme findet Lambert mehrere. §. 190. 196.

$\pi\varrho^2 J.\frac{a^2}{a^2+x^2}.\frac{1}{(a^2+x^2)}$, so ist

die Erleuchtung für den ganzen Ring

$=2\pi x dx.\pi.\varrho^2 J.\frac{a^2}{(a^2+x^2)^2}$, und

die Ereuchtung für den ganzen Kreis AB

$=C-\frac{\pi^2\varrho^2 J.a^2}{a^2+x^2}=\pi^2\varrho^2 J\left(1-\frac{a^2}{a^2+x^2}\right)$

weil die gesammte Erleuchtung mit $x=0$ verschwindet.

Dieser Ausdruck giebt die ganze vom Kreise AB aufgefangene Lichtmenge an, die folglich, selbst wenn AB unendlich wird, nie gröfser als $=\pi.\pi\varrho^2 J.$ seyn kann, so dafs die Ebene AB dann eine eben so grofse Lichtmenge empfängt als ein ganz nahe an G gerückter Punct bei der absoluten Erleuchtung erhalten würde.

13. Bisher haben wir blofs die Erleuchtung der vom Lichte getroffenen Ebene so bestimmt, dafs wir die Lichtmenge, welche auf sie fiel, angaben, ohne zu fragen, ob diese Erleuchtung immer auf gleiche Weise unserm Auge bemerkbar werde. Dieses ist nun keineswegs der Fall, sondern wenn zwei aus verschiedenen Materien bestehende, oder ungleich gefärbte Ebenen demselben Lichte auf gleiche Weise ausgesetzt werden, so dafs sie unstreitig einerlei Grad der Erleuchtung empfangen, so nimmt unser Auge dennoch einen verschiedenen und oft ungemein ungleichen Eindruck wahr. Am auffallendsten ist diese Ungleichheit, wenn eine der erleuchteten Ebenen weifs, die andere schwarz gefärbt ist, wo bekanntlich bei völlig gleicher Erleuchtung die eine unserm Auge einen starken Glanz darbietet, während die andere uns dunkel erscheint. Wir legen daher den Körpern ein verschiedenes Vermögen bei, das empfangene Licht zurückzuwerfen, und so lange wir nicht von farbig erscheinenden Flächen reden, sondern nur von denen, die mehr oder minder weifs, oder grau und endlich schwarz erscheinen, zeigt sich uns diese ungleiche Menge des zurückgeworfenen Lichtes, als ein ungleicher Grad der *Weifse* (*albedo*) der Körper oder vielmehr ihrer Oberflächen.

Die an sich dunkeln Körper, welche nicht nach Art der Spiegel die Lichtstrahlen reflectiren, sondern nur vermöge der empfangenen Erleuchtung uns sichtbar werden, können offen-

bar nun selbst als leuchtende, Licht aussendende Körper angesehen werden, und wenn wir in jedem Falle angeben könnten, welchen Theil des empfangenen Lichtes sie wieder aussenden, so würde uns das ein richtiges Mafs der Weifse geben. Flächen, die vollkommen eben so viel Licht aussenden, als sie empfangen haben, würden vollkommen weifs heifsen, oder eine *vollkommene Weifse* (*albedo absoluta*) besitzen; andere dagegen, die nur die Hälfte, nur $\frac{1}{10}$ u. s. w. der empfangenen Lichtstrahlen hergäben, würden nach Verhältnifs dieser Lichtmenge einen immer geringeren Grad von Weifse haben; *vollkommen schwarze* Körper würden die seyn, welche gar kein Licht wieder aussendeten.

14. Um diesen Grad der Weifse zu bestimmen, oder den Bruch $= A$ zu finden, mit welchem die empfangene Lichtmenge multiplicirt werden mufs, damit man die wieder ausgesendete Lichtmenge erhalte, kann folgendes Experiment dienen[1]. Es sei in L ein Licht so aufgestellt, dafs es die Fläche $g\gamma$, deren Weifse man bestimmen will, bei G senkrecht erleuchte. Man lasse das von der erleuchteten Fläche wieder ausströmende Licht auf die convexe Glaslinse A B fallen, und stelle diese so, dafs sie in φf das Bild der erleuchteten Fläche γg darstelle, und in derselben Ebene werde nun auch der Punct D durch das Licht L senkrecht erleuchtet. Wählt man nun die Stellung des Lichtes L so, dafs die directe Erleuchtung bei D eben so hell erscheine, als die Erleuchtung in der Mitte des Bildes φf, so läfst sich die Weifse der Fläche G oder der Werth des Bruches A bestimmen.

Fig. 197.

Hierbei kommt es auf die Weifse der Ebene F D nicht an, vorausgesetzt, dafs diese bei F und D gleich ist; denn wenn die anscheinende Erleuchtung gleich ist, so ist auch die wahre Erleuchtung oder die Menge der empfangenen Lichtstrahlen gleich, wofern in F und in D ein gleicher Antheil des empfangenen Lichtes zurückgeworfen wird.

Heifst nun die Intensität des von L ausgehenden Lichtes $= J$, so ist der Grad der Erleuchtung in G durch $\frac{J}{L G^2}$ bestimmt oder die auf einen kleinen Kreis vom Halbmesser $= \varrho$ auffal-

1 Lambert §. 739.

lende Lichtmenge $= \frac{\pi \varrho^2 . J}{LG^2}$; und eben so die bei D auffallende Lichtmenge $= \frac{\pi . \varrho^2 . J}{LD^2}$.

Man wird die Stellung des Lichtes L und der Ebenen G und D leicht so wählen können, dafs der Winkel, um welchen gγ gegen FD und gegen die Ebene des Kreises AB geneigt ist, unbedeutend sey, und also der kleine Licht aussendende Kreis bei G als mit der Querschnittsfläche des Brennglases parallel können angesehen werden; ist dann $CG = a$, $CA = x$, so empfängt die Kreisfläche AB eine Lichtmenge

$= \pi^2 . \varrho^2 . i . \left(1 - \frac{a^2}{a^2 + x^2}\right)$ wenn i die Intensität des von dem sehr kleinen Kreise G ausströmenden Lichtes ist (nach No. 12). Dieses Licht wird nun zwar nicht ganz unvermindert durch das Glas durchgehen, aber man kann aus andern Versuchen den Lichtverlust angeben[1], oder den Bruch μ finden, mit welchem man jene Lichtmenge multipliciren mufs, um die durchgelassene Lichtmenge $= \pi^2 \varrho^2 . i . \mu \left(1 - \frac{a^2}{a^2 + x^2}\right)$ zu erhalten. Diese Lichtmenge wird in F auf einen kreisförmigen Raum gesammelt, dessen Halbmesser $= z$ durch $\frac{z}{CF} = \frac{\varrho}{CG}$ gefunden wird, oder da CF : CG = Cotang. CFA : Contang. CGA,
durch $z = \varrho$ Tang. CGA. Cotang. CFA gegeben wird. Die gesammte Menge des auf diesem Kreise gesammelten Lichts $= \pi^2 \varrho^2 . i \mu$. Sin.^{2} CGA,
dividirt durch $\pi \varrho^2$. Tang.^{2} CGA. Cotang.^{2} CFA giebt also die mittlere Erleuchtung des Bildes in F

$= \pi . i \mu$. Cos.^{2} CGA. Tang.^{2} CFA,

oder weil Cos. CGA fast $= 1$ ist,

$= \pi . i . \mu$. Tang.^{2} CFA.

Der Werth von i oder die Intensität der erleuchtenden Kraft des Kreises G mufs hier noch bestimmt werden. Wir haben oben gesehen, dafs (No. 12) die gesammte Lichtmenge die von einer unendlich ausgedehnten Ebene aufgenommen wird $= \pi^2 \varrho^2 . i$ war, wenn des Kreises $\pi \varrho^2$ Licht an Intensität $= i$

---

1 Vergl. Art. *Durchsichtigkeit*.

war. Aber diese gesammte aufgefangene Lichtmenge ist gleich der gesammten vom Kreise $\pi\varrho^2$ ausstrahlenden Lichtmenge, die wir offenbar $= \frac{\pi\varrho^2 A.J}{LG^2}$ setzen müssen, wenn $\frac{\pi\varrho^2.J}{LG^2}$ die empfangene Lichtmenge ist und A der Bruch, welcher den zurückgegebenen Antheil bestimmt, also

$$\pi^2.\varrho^2.i = \frac{\pi.\varrho^2.A.J}{LG^2},$$

$$\text{oder } \pi.i = \frac{A.J}{LG^2},$$

und der Grad der Erleuchtung in der Mitte des Bildes bei F $=$

$$\frac{\mu.A.J.\,\text{Tang.}^2\,CFA}{LG^2}.$$

Dieser Grad der Erleuchtung ist aber bei dem Versuche gleich dem Grade der directen Erleuchtung in D, $= \frac{J}{LD^2}$,

$$\text{folglich } A = \frac{LG^2.}{LD^2} \cdot \frac{\text{Cotang.}^2\,CFA}{\mu}$$

$$\text{oder } A = \frac{LG^2.CF^2}{\mu.LD^2.CA^2}.$$

15. Lambert führt mehrere Versuche an, wo in G weifses Papier von vorzüglich weifsem Ansehen das Licht auffing; die dabei gebrauchte Glaslinse liefs $\frac{5}{6} = \mu$ der auffallenden Lichtstrahlen durch, und es war $CA = 0{,}93$ Zoll. Wurde nun der Versuch so angeordnet, dafs die Erleuchtung in F und D gleich erschien, so fand sich bei einem Versuche $GL = 5$, $LD = 65$, $CF = 7{,}04$, also $A = 0{,}408$; beide einem andern $GL = 7$, $LD = 90$, $CF = 6{,}81$, $A = 0{,}389$;
so dafs die Weifse des schönsten Papiers kaum auf mehr als $A = \frac{2}{5}$ gesetzt werden konnte.

16. So wie hier die Weifse des Papiers gemessen wird, eben so könnte man auch die Röthe eines mit rother Farbe bestrichenen Papiers u. s. w. bestimmen. Indefs bleibt es da etwas zweifelhaft, was man von den untermischten weifsen Strahlen halten soll, welche doch auch von den farbigen Körpern zurückgeworfen werden. Eigentlich sollte bei solchen Versuchen nicht blofs die Fläche G so wie die Fläche DF roth bestrichen seyn, sondern das Licht L selbst sollte auch nur rothe Strahlen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

geben, — was freilich schwer zu erreichen ist. Versuche hierüber hat Lambert angestellt [1].

Anwendungen dieser Lehren.

17. Viele Anwendungen dieser Untersuchungen erklären sich von selbst; ich will daher von der Erleuchtung irdischer Gegenstände nur zwei etwas mehr verwickelte Fragen erwähnen, und dann über die Erleuchtung der Himmelskörper noch etwas sagen. Die eine dieser Fragen ist in Beziehung auf belagerte Festungen von Kriegsverständigen aufgeworfen worden, die andere betrifft die Erleuchtung einer horizontalen Ebene bei der Dämmerung. Jene läfst sich so fassen: Wenn man in den Brennpunct eines parabolischen Brennspiegels ein Licht stellt, und dem Brennspiegel gegen über in bedeutender Entfernung eine zu erleuchtende Ebene aufstellt, wie grofs ist die Erleuchtung, welche sie empfängt? Oder umgekehrt: Man weifs, dafs ein gewisser Grad von Erleuchtung nöthig ist; um in einer bestimmen Entfernung gewisse Gegenstände (z. B. vor der Festung die Arbeiten des Feindes) zu erkennen; wie grofs mufs der Brennspiegel seyn, durch den man eine solche Erleuchtung auf den Gegenstand werfen könnte? — Die Frage ist nicht so leicht zu beantworten, wenn man auf die Gröfse des Lichtes, welches nicht im wahren Brennpuncte vereinigt ist, Rücksicht nehmen will, aber das ganze zu beobachtende Verfahren läfst sich aus dem Vorigen übersehen.

18. Wenn man diejenige Dämmerung, die durch einmalige Zurückwerfung der Lichtstrahlen sichtbar wird, als durch einen Kreisbogen begrenzt ansieht, und diesem leuchtenden Segmente am Horizonte eine überall gleiche Helligkeit beilegt, so wird die Erleuchtung (Nr. 9.), wenn die Höhe des Dämmerungsbogens $= \alpha$ ist, durch $\pi - \pi \cos. \alpha$ ausgedrückt, wenn der Dämmerungsbogen sich nicht mehr bis an das Zenith erstreckt. Da es hier blofs auf verhältnifsmäfsige Erleuchtung ankommt, so kann man sie also kurz $= 1 - \cos. \alpha$ setzen, und es erhellet hieraus, warum die Erleuchtung um die Zeit so schnell abnimmt, wann der Dämmerungsbogen durch das Zenith geht [2]. Uebrigens kann die ganze Rechnung nur oberflächlich seyn, da

1 Photom. §. 757.

2 Vergl. Art. *Dämmerung*.

weder der vermöge der Hauptdämmerung glänzende Himmel überall gleich leuchtend ist, noch auch das, was der übrige Theil des Himmels zur Erleuchtung beiträgt, hier berücksichtiget wird.

19. Auf diesen Lehren beruht ferner die Bestimmung der Lichtstärke derjenigen Himmelskörper, die von der Sonne erleuchtet werden.

Wenn ein Planet der Sonne nicht genau gegenüber steht, so sehen wir nicht seine ganze erleuchtete Seite, sondern eine mehr oder minder vom vollen Kreise abweichende Phase, und diesen Fall will ich hier sogleich auflösen, da in ihm der besondre Fall, wo der Planet der Sonne gegenüber steht, mit enthalten ist.

Fig. 198. Es sey ABFG die ganze erleuchtete Hälfte des Planeten, so dafs D den Punct vorstellt, welchem die Sonne im Zenith steht. CD sey der gegen diesen Punct, CE der gegen den Beobachter oder gegen die Erde gerichtete Halbmesser. FEDG stelle also den Kreis vor, dessen Ebene durch Erde, Sonne und den Mittelpunct des Planeten geht, auf welchem 90° von E entfernt die Grenze der von der Erde aus sichtbaren Halbkugel liegt. A, B, sind die Pole dieses Kreises, APMB, AqmB zwei unendlich nahe Kreise, für welche FM = y, EM = y − a ist, indem FE = a. Wir wollen zuerst die beiden Parallelkreise IPQ, Ipq ziehen und nach der Quantität des von der kleinen Fläche PpQq ausgesendeten Lichtes fragen. Dieser kleinen Fläche Dimensionen sind, wenn AP = x heifst, pP = dx und PQ = dy Sin. x, also der Inhalt PQqp = dy dx. Sin. x. Aber die durch PQqp bewirkte Erleuchtung hängt ab von der scheinbaren Gröfse der Fläche und der Intensität des ausgesendeten Lichtes. Die erstere wird bestimmt, indem man die wahre Gröfse der Fläche mit dem Sinus des Neigungswinkels der Gesichtslinie gegen dieselbe multiplicirt; dieser Sinus ist = Cos. EP
= Cos. EM. Cos. MP = Sin. x. Cos. (y − a),
also die scheinbare Gröfse der Fläche PpqQ
$= d^2 z =$ dx. Sin.^{2}x. (dy Cos. y Cos. a + dy Sin. y. Sin. a)
wenn man den Halbmesser des Planeten = 1 setzt, oder
$=$ dx. Sin.^{2}x. Sin.$^2\sigma$ (dy Cos. y Cos. a + dy Sin. y. Sin. a)
wenn man den scheinbaren Halbmesser = σ setzt.

Die Intensität des von PQqp ausgesendeten Lichts ist erstlich dem Quadrate des Sinus des scheinbaren Halbmessers der von dort aus gesehenen Sonne, zweitens dem Sinus des Nei-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

gungswinkels der auffallenden Sonnenstrahlen, (welcher = Cos. DP = Cos. DM. Cos. MP = Sin. y. Sin. x ist) drittens der Weifse (albedo) der Planeten = A, proportional, also = A. Sin. x. Sin. y. Sin.^{2} s, wenn s der dortige scheinbare Halbmesser der Sonne ist. Der gesammte sich dem Auge darbietende Glanz jener kleinen Fläche ist also = d^2q = A. Sin.^{3}x. Sin.^{2}s. Sin.$^2\sigma$. Sin. y. dx. Cos. (y — a) dy. und wenn man in Beziehung auf x so integrirt, dafs das Integral mit x zugleich verschwindet,

$$dq =$$

$$A.\,\mathrm{Sin.}^2 s.\,\mathrm{Sin.}^2\sigma\left(\frac{2}{3} - \mathrm{Cos.}\,x + \frac{1}{3}\,\mathrm{Cos.}^3 x\right) dy\,\mathrm{Sin.}\,y\,\mathrm{Cos.}\,(y-a),$$

oder bis x = 180° genommen, so dafs das Integral sich auf die ganze Fläche APBQ bezieht

$$dq = \frac{4}{3} A.\,\mathrm{Sin.}^2 s.\,\mathrm{Sin.}^2\sigma.\,(dy.\,\mathrm{Sin.}\,y\,\mathrm{Cos.}\,y\,\mathrm{Cos.}\,a + dy\,\mathrm{Sin.}^2 y.\,\mathrm{Sin.}\,a),$$

endlich in Beziehung auf y integrirt, und das Integral von y = 0 an gerechnet,

$$q = \frac{4}{3} A.\,\mathrm{Sin.}^2 s.\,\mathrm{Sin.}^2\sigma\left(\frac{1}{2}\,\mathrm{Sin.}^2 y.\,\mathrm{Cos.}\,a + \frac{1}{2} y\,\mathrm{Sin.}\,a - \frac{1}{2}\,\mathrm{Sin.}\,y\,\mathrm{Cos.}\,y\,\mathrm{Sin.}\,a\right)$$

$$= \frac{2}{3} A.\,\mathrm{Sin.}^2 s.\,\mathrm{Sin.}^2\sigma\left(y\,\mathrm{Sin.}\,a + \mathrm{Sin.}\,y.\,\mathrm{Sin.}\,(y-a)\right),$$

dieses Integral vollständig, nämlich bis an die Grenze der sichtbaren Halbkugel, wo y — a = 90° ist, genommen, ist,

$$q = \frac{2}{3} A.\,\mathrm{Sin.}^2 s.\,\mathrm{Sin.}^2\sigma\left(a\,\mathrm{Sin.}\,a + \frac{1}{2}\,\pi\,\mathrm{Sin.}\,a + \mathrm{Cos.}\,a\right).$$

und damit wäre der gesammte Glanz des Planeten, so wie er dem Beobachter erscheint, ausgedrückt.

Der gesammte Glanz der Sonne würde nach eben den Regeln (Nr. 8)

$$= \pi.\,\mathrm{Sin.}^2 S \text{ gefunden,}$$

wenn S ihr von der Erde gesehener scheinbarer Halbmesser ist.

20. Lambert wendet diese Rechnung auf den Mond an, und da für ihn nahe genug S = s ist, so wird erstlich des Vollmon des gesammter Glanz = $\frac{2}{3} A.\,\mathrm{Sin.}^2\sigma$. wenn man $\pi\,\mathrm{Sin.}^2 S = 1$ setzt, indem hier a = 90° ist.

Die Weifse des Mondes kennen wir nicht, LAMBERT setzt sie $= \frac{1}{4}$, und darnach weil Sin. σ = Sin. 16′ = 0,00465 ist, der Glanz des Mondes = 0,0000036

$$= \frac{1}{277000}$$

des Glanzes der Sonne.

Zweitens. Wenn der Mond im Viertel ist, wäre a = 0[1]

$$q = \frac{2}{3} \frac{A \text{ Sin.}^2 \sigma}{\pi}$$

21. Eine ganz ähnliche Rechnung führt OLBERS, um das Verhältnifs des Glanzes eines Sternes erster Gröfse zum Glanze der Sonne zu finden[2]. Aldebaran und Mars erschienen gleich glänzend, zu einer Zeit als der vorige Ausdruck den gesammten Glanz des Mars $= \frac{1}{96665100000}$ in Vergleichung gegen den Glanz der Sonne gab, wenn man die Weifse des Mars $= \frac{1}{7}$ annimmt. Die Sonne hat also etwa 100000 Millionen mal so grofse Lichtstärke als Aldebaran. Daraus läfst sich leicht folgern, dafs unsere Sonne so weit, dafs ihr scheinbarer Durchmesser nur $\frac{6}{1000}$ einer Secunde betrüge, hinausgerückt, oder dafs sie 311000 Halbmesser der Erdbahn von uns entfernt seyn müfste, wenn sie eben so schwach leuchtend erscheinen sollte als Aldebaran uns erscheint. Obgleich nun hierbei mehrere Elemente, namentlich die albedo des Mars ungewifs sind, so ist doch dieses Resultat merkwürdig, weil es die ungemein grofse Entfernung bestätigt, die wir, auch wegen der Kleinheit der jährlichen Parallaxe, den Fixsternen beilegen.

Merkwürdig ist auch das aus andern Vergleichungen der Planeten mit gleich hell erscheinenden Fixsternen, von OLBERS hergeleitete Resultat, dafs Saturn und Uranus einen so hohen Grad von Weifse A $= \frac{2}{5}$, fast der Weifse des weifsen Papiers gleich zu besitzen scheinen.

Auf ähnlichen Untersuchungen beruht die Beantwortung

---

1 Lambert. §. 1059.

2 von Zach Montl. Corresp. VIII. 297.

der Frage, wann der Planet Venus im gröfsten Glanze erscheint. *B.*

Erz.

Minera; Minéral; *Ore.* Hierunter versteht man 1. im weitesten Sinne alle Formen, in welchen die schweren Metalle natürlich vorkommen; 2. im engeren (wo sich *gediegen* Metall und *Erz* entgegengesetzt sind), alle natürlich vorkommende Verbindungen der schweren Metalle mit andern Stoffen, den *Vererzungsmitteln*, wie Schwefel, Chlor, Sauerstoff und Säuren, durch welche sie in den sogenannten *verlarvten* oder *vererzten* Zustand übergegangen sind; 3. und im engsten endlich blofs die im Mineralreiche vorhandenen Schwefelmetalle. *G.*

Eudiometer.

Luftgütemesser, Oxygenometer, *Eudiometrum;* Eudiomètre; *Eudiometer.* Der Apparat, mittelst dessen das, in einem Gasgemenge enthaltene, Sauerstoffgas dem Mafse nach bestimmt wird. Es hat seinen Namen, *Eudiometer* (εὔδιος, heiter, warm, gut, von der Luft gebräuchlich, und μέτρον) von der ehemaligen irrigen Ansicht erhalten, als stehe die Heilsamkeit der Luft in einem geraden Verhältnisse mit ihrem Gehalte an Sauerstoffgas, so dafs durch Messung des Letztern auch ihre Güte bestimmt werden könne. Alle Materien, welche unter gewissen Umständen fähig sind aus einem Gasgemenge alles Sauerstoffgas aufzunehmen, und dasselbe in die feste oder tropfbar flüssige Form überzuführen und durch die entstandene Raumverminderung eine Messung des Sauerstoffgases möglich zu machen, eignen sich als *eudiometrische Mittel.* Vorzüglich bedient man sich jedoch derjenigen, bei denen die Bedingungen, unter welchen sie sämmtliches Sauerstoffgas aus dem Gasgemenge aufnehmen, leicht zu erfüllen sind, namentlich des Wasserstoffgases, des Phosphors, der hydrothionsauren Alkalien und des Salpetergases.

1. Volta's *Eudiometer.* Man fügt zu dem auf Sauerstoffgasgehalt zu prüfenden genau gemessenen Gasgemenge mehr Wasserstoffgas, als erforderlich ist, um allen Sauerstoff in Wasser zu verwandeln, mifst dann das Totalvolumen, und bewirkt die Vereinigung in einer starken Glasröhre, *der Verpuffungsröhre*, durch das Hindurchschlagen eines elektrischen Funkens.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Da sich hierbei 2 Mafs Wasserstoffgas mit 1 Mafs Sauerstoffgas zu Wasser verdichten, so beträgt das im Gase enthalten gewesene Sauerstoffgas genau $\frac{1}{3}$ von dem verschwundenen Luftraume.

Die Verpuffungsröhre ist entweder am obern Ende mit einem metallischen Knopfe verschlossen und man hat dann einen sich in eine Kugel endigenden Draht in die Röhre zu schieben, so dafs seine Kugel von der innern Fläche des Metallknopfes nicht sehr entfernt ist, so wird die der äufsern Fläche des Knopfes mitgetheilte El. zur Kugel überspringen. Oder: Das obere Ende des Eudiometers ist auf die Weise verschlossen, wie eine Luftpistole, so dafs der dem Knopfe mitgetheilte elektrische Funke durch einen mittelst einer Glasröhre isolirten Draht bis aus Gasgemenge gelangt, und von hieraus zum äufseren Metalle überschlägt. Oder: Es sind zwei, im Innern sich berührende Platindrähte in dem obern Theile der, übrigens zugeschmolzenen, Verpuffungsröhre luftdicht befestigt, und indem man mit dem Zeigefinger der einen Hand, welche die Röhre hält, das äufsere Ende des einen Drahtes berührt, nähert man mit der andern einen elektrischen Körper dem äufseren Theile des andern Drahtes. Diese Platindrähte sind entweder mit Siegellack in Löchern der Verpuffungsröhre befestigt, oder besser eingeschmolzen. Letzteres geschieht folgendermafsen. Man richtet auf einen 0,5 Zoll vom Ende der Röhre entfernten Punct die Spitze der Löthrohrflamme, während ein Anderer in die Röhre bläfst, und dadurch den erweichten Theil des Glases zu einem Knopfe auftreibt, welcher bei weiterem Blasen platzt, oder mittelst eines Glasstäbchens in eine Spitze ausgezogen werden kann, welche man abbricht. In diese Oeffnung legt man ein kleines Stück vom feinsten im Handel vorkommenden Platindrahte, so dafs dieses zur Hälfte aus der Oeffnung herausragt. Dann schmelzt man sie vor der Glaslampe zu, und befördert durch oft wiederholtes in die Höhe Blasen dieser Stelle und nachheriges Einschmelzen die gleiche Vertheilung des Glases um den Draht herum, ohne welche beim Erkalten Risse entstehen würden. Auf dieselbe Weise schmelzt man entweder an der dem Drahte (in gleicher Höhe der Röhre) entgegengesetzten Stelle einen zweiten Draht ein, so dafs beide Drähte eine gerade Linie mit einander machen; oder im oberen Ende, so dafs beide Drähte einen rechten Winkel mit einander bilden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Während dieses Schmelzens hat man beiden Drähten die gehörige Richtung und Entfernung zu ertheilen. Endlich kann der äufsere Theil derselben abgebrochen werden.

Die Verpuffungsröhre darf nicht zu eng seyn, sonst pflanzt sich wegen der abkühlenden Wirkung der Wände die Verbrennung besonders in dem Falle nicht durch die ganze Masse fort, wenn die Menge des Sauerstoffgases in dem Gasgemenge wenig beträgt. Je weiter sie dagegen ist, um so dicker müssen ihre Wandungen seyn, um das Zerspringen unmöglich zu machen, und da sie bei zu grofser Weite keine genaue Messung zuläfst, so müssen in diesem Falle die Messungen vor und nach dem Versuche mittelst einer andern graduirten Röhre vorgenommen werden, was ein zweimaliges Umfüllen des Gases und damit eine gröfsere Unsicherheit des Versuches veranlafst. Röhren von 0,5 Zoll im Durchmesser sind am angemessensten und dienen zugleich zum Verpuffen und zum Messen.

Hält ein Gasgemenge sehr wenig Sauerstoffgas z. B. unter 0,1, so verpufft es mit Wasserstoffgas nicht oder nur unvollständig, weil das fremdartige Gas vermöge seiner abkühlenden Wirkung die Fortpflanzung der durch den elektrischen Funken veranlafsten Verbrennung hindert. In diesem Falle mufs man demselben eine abgemessene Menge von Sauerstoffgas hinzufügen, dessen Reinheit man zuvor durch einen andern eudiometrischen Versuch bestimmt hat. Fügt man dann überschüssiges Wasserstoffgas hinzu und entzündet, so ist die Menge des im Gasgemenge enthaltenen Sauerstoffgases gleich $\frac{1}{3}$ des verschwundenen Gases, weniger dem reinen Sauerstoffgase, welches in dem zugefügten enthalten war.

Das anzuwendende Wasserstoffgas mufs frei von Sauerstoffgas seyn, weil man sonst zu viel Sauerstoffgas finden würde. Man bringt daher in ein kleines Fläschchen ein Zinkstück, füllt es fast ganz mit ausgekochtem Wasser, dann noch vollends mit Schwefelsäure, vereinigt es unter Wasser mit der zuvor mit Wasser gefüllten Gasentwickelungsröhre, und leitet das so nach dem Austreiben des Wassers aus dem letztern hervortretende Gas unmittelbar zu dem zu prüfenden Gasgemenge. Auch kann man solchem Wasserstoffgase, welches Sauerstoffgas enthält, dasselbe über Quecksilber durch Platinschwamm entziehen, welcher es bei längerem Einwirken in Wasser verwandelt. Was-

serstoffgas, welches Kohlenstoff enthält, bewirkt, dafs die Sauerstoffgasmenge zu geringe gefunden wird, weil ein Theil des Sauerstoffgases als kohlensaures Gas dem nach dem Verpuffen übrigen Gase beigemengt bleibt. Daher wird das aus Zink erhaltene Wasserstoffgas dem aus Eisen dargestellten vorgezogen; auch bleibt das Kohlige ganz oder gröfstentheils unverbrannt, wenn das Wasserstoffgas in einigem Ueberschufs zugesetzt wird, so dafs auf 1 Mafs Sauerstoffgas gegen 3 Mafse Wasserstoffgas kommen.

Am besten ist es, die Verpuffung über Quecksilber vorzunehmen; verfährt man über Wasser, so ist Irrthum möglich. Denn man darf sich nicht des ausgekochten Wassers bedienen, welches einen Theil des Gasgemenges absorbiren und dadurch bewirken würde, dafs man zu viel Sauerstoffgas fände. Verpufft man über lufthaltigem Wasser in einer verschlossenen Röhre, so wird im ersten Augenblicke der Explosion zwar ein geringer Theil des Gasgemenges in das Wasser gedrückt; bei der darauf folgenden Abkühlung dagegen entwickeln sich, weil das übrige Gas bedeutend verdünnt ist, viele Luftblasen aus dem Wasser, um den entstandenen leeren Raum auszufüllen, ehe man Zeit hat, die Röhre unten zu öffnen, und man wird zu wenig Sauerstoffgas finden. Beim Verpuffen in einer unten offenen Röhre mag sich das zuerst hineingepreſste und dann wieder heraus tretende Gas der Menge nach eher das Gleichgewicht halten, und dieses Verfahren ist vorzuziehen, nur darf das Gasgemenge keinen zu grofsen Raum in der Röhre einnehmen, damit es bei der Verpuffung nicht zum Theil heraustrete. Manche ziehen es vor, die Röhre unten mit einem sich nach Innen öffnenden Ventile zu versehen, so dafs im Augenblicke der Verpuffung kein Wasser heraustreten, aber bei der folgenden Abkühlung Wasser hineintreten kann, um den leer gewordenen Raum zu füllen. Hier kann jedoch im Momente der Explosion Gas ins Wasser gepreſst werden.

Das Volta'sche Eudiometer ist eines der sichersten; nur pafst es nicht wohl zur Untersuchung solcher Gasgemenge, welche neben Sauerstoffgas zugleich brennbare Gasarten enthalten.

2. Döbereiner's *Eudiometer.* Man leitet zu dem Sauerstoffgas haltenden Gasgemenge ebenfalls Wasserstoffgas in Ueberschufs, veranlafst jedoch die Verbindung des Wasserstoffes

mit dem Sauerstoffe nicht durch den elektrischen Funken, sondern durch *Platin*.

Man formt kleine Kugeln aus *Platinsalmiak* und wenig Thon, oder aus dem nach dem Glühen des Platinsalmiaks bleibenden schwammigen Platin, Salmiak und wenig ($\frac{1}{2}$ des Platins betragenden) Thon, und glüht sie hinaus. Läfst man eine solche, an das Ende eines Platindrahtes befestigte, Kugel in das mit Wasserstoffgas gemengte, durch Quecksilber gespannte, Sauerstoffgas haltende, Gasgemenge treten, so veranlafst es allmälig die Wasserbildung, selbst wenn das Gasgemenge blofs ein Procent Sauerstoffgas hält. Zeigt sich nach einer oder einigen Stunden keine weitere Abnahme des Gasvolumens, so zieht man die Platinkugel am Draht heraus, und berechnet das Sauerstoffgas wieder zu $\frac{1}{3}$ des Verschwundenen. Der während des Versuchs etwa veränderte Barometer- und Thermometerstand ist mit in Rechnung zu bringen. Dieselbe Platinkugel läfst sich vielmals zu demselben Zwecke anwenden, wenn sie jedesmal zuvor ausgeglüht wird.

3. Achard's, Berthollet's und Parrot's *Eudiometer*. Man bringt das zu untersuchende Gas mit Phosphor bei gewöhnlicher Temperatur in Berührung, bis dessen langsame Verbrennung aufhört.

Man bringt das zu prüfende gemessene Gas in einen kleinen Kolben, oder in eine kurze weite Glasröhre und fügt hierzu eine Stange Phosphor, so dafs sie dem Gase möglichst viel Berührung darbietet. Enthält das Gasgemenge fast reines Sauerstoffgas, so erfolgt die langsame Verbrennung des Posphors nicht bei gewöhnlicher Temperatur, und da Erwärmung bald eine lebhafte Verbrennung herbeiführen würde, so hat man in diesem Falle eine bestimmte Menge reinen Stickgases hinzuzufügen, welches auf eine noch nicht genügend erklärte Weise die langsame Verbrennung bei niederer Temperatur einleitet. Man sperrt das Gas am besten mit Quecksilber, weil Wasser bei der längern Dauer des Versuchs Gas aufnehmen oder auch entwickeln könnte, jedoch hat man bei der Sperrung mit Quecksilber ein wenig Wasser hinzuzufügen, weil ohne dieses die gebildete Säure des Phosphors in fester Gestalt den übrigen Phosphor bedecken und so seine weitere Ver-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

brennung hindern würde. Bemerkt man nach 6 bis 24 Stunden keine Nebenbildung mehr beim Lichte und kein Leuchten mehr im Dunkeln, so ist alles Sauerstoffgas absorbirt, und das übrige Gas kann zum Messen in die Meſsröhre übergeführt werden. Das Verschwundene ist das Sauerstoffgas. Da jedoch das übrige Gas, es sey Stickgas oder anderes, durch Aufnahme von Phosphordampf einige Ausdehnung erhalten hat, welche nach Berthollet's (noch genauer zu prüfender) Angabe beim Stickgas $\frac{1}{40}$ betragen soll, so hätte man vom zurückgebliebenen Gase noch $\frac{1}{41}$ als Sauerstoffgas zu betrachten. Auf jeden Fall ist bei der langen Dauer des Versuchs der etwa eingetretene Wechsel der Temperatur und des Luftdruckes zu berücksichtigen.

4. Seguin's *Eudiometer* beruht auf der Entziehung des Sauerstoffgases durch rasches Verbrennen des Phosphors.

Man füllt eine oben zugeschmolzene, kurze, weite, aus dünnem Glase verfertigte Röhre mit Quecksilber, stürzt sie über Quecksilber um, läſst ein Stückchen Phosphor hinaufsteigen, erhitzt dieses durch eine von aufsen daran gehaltene Kohle bis über den Schmelzpunct und läſst nun aus einem kleinen Kolben, in welchem sich eine abgemessene Menge des zu prüfenden Gases befindet, einzelne Blasen desselben in die Röhre steigen. Jede derselben wird Verbrennung des Phosphors bewirken, wenn man fortfährt, denselben von aufsen zu erhitzen. Die Feuerentwickelung ist jedoch bei diesem allmäligen Hinzulassen des Gases nicht bedeutend genug, um ein Zerspringen der Röhre zu veranlassen. Ist alles Gas hineingetreten und der Phosphor noch eine kurze Zeit erhitzt worden, so kann man sogleich den abgekühlten Gasrückstand in die Meſsröhre überführen.

5. Scheele's und de Marty's *Eudiometer*. Man entzieht das Sauerstoffgas durch Schütteln mit einer wässerigen Lösung eines hydrothionsauren oder hydrothionigsauren Alkalis. Hierbei tritt der Sauerstoff bekanntlich theils an den Wasserstoff der hydrothion- oder hydrothionigen Säure, theils an den Schwefel. Es wird entweder gewöhnliche Kalischwefelleber in Wasser gelöst, oder Schwefel mit gelöschtem Kalke und Wasser gekocht und filtrirt. Beide Auflösungen müssen

concentrirt und mit Stickgas gesättigt seyn, damit sie nicht auch dieses aus dem Gasgemenge absorbiren. Dieses findet statt, wenn man die Schwefelleber in der Kälte in lufthaltigem Wasser gelöset, oder wenn man die in der Hitze bereiteten Lösungen der Kali- oder Kalkverbindung längere Zeit mit Luft geschüttelt hat. Man leitet das in einer Röhre gemessene Gas in eine mit der Auflösung gefüllte Flasche, in welche bisweilen (nach der *Hope'schen* Art) die Mefsröhre eingeschmirgelt ist, so dafs es hierzu blofs des Zusammensteckens und Umkehrens bedarf, und schüttelt gegen $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ Stunden lang, oder läfst in der Ruhe unter seltenerm Bewegen die Einwirkung 12 bis 24 Stunden lang dauern. Auf jeden Fall öffnet man jedoch das Gefäfs öfters bei nach unten gekehrter Oeffnung, unter Wasser, damit dieses eindringen und den durch die Absorption entstandenen leeren Raum ausfüllen könne, weil sonst die Schwefelleberauflösung Stickgas entwickeln würde. Die Volumensverminderung zeigt unmittelbar die Menge des verschluckten Sauerstoffgases an. — Dieses Eudiometer ist nebst dem *Volta'schen* und *Döbereiner'schen* das sicherste.

6. Fontana's *Eudiometer*. Man bestimmt die Menge des Sauerstoffgases durch die Volumensverminderung, welche das *Salpetergas* in dem Gasgemenge veranlafst.

Das Salpetergas hat das Bequeme, dafs es bei gewöhnlicher Temperatur augenblicklich allen Sauerstoff aus einem Gasgemenge aufnimmt und verdichtet. Daher ist es auch in früherer Zeit vorzugsweise als eudiometrisches Mittel gebraucht worden, bis man sich später von seiner Unsicherheit und Unbrauchbarkeit zu genauen Bestimmungen überzeugt hat. Denn es kann sich, je nach den Umständen, mit sehr verschiedenen Mengen von Sauerstoffgas verbinden, und es läfst sich deshalb nicht allgemein angeben, der wievielste Theil des verschwundenen Gasvolumens als Sauerstoffgas in Rechnung zu bringen ist. 200 Mafse Salpetergas nämlich verdichten sich mit 50 Mafsen Sauerstoffgas zu untersalpetriger, mit 100 zu salpetriger und mit 150, als dem Maximum des Sauerstoffs zu Salpetersäure. Im ersten Falle beträgt das Sauerstoffgas $\frac{1}{5}$, im zweiten $\frac{1}{3}$, im letzten $\frac{3}{7}$ des verschwundenen Gasvolumens. Bringt man in eine Röhre zuerst das Sauerstoffgas haltende Gemenge, darauf das Salpetergas, so mufs die Verbindung von Sauerstoff und Salpeter-

gas, welche sich an dem Orte der Berührung erzeugt, an den Wandungen der Röhre herabfliefsen und sich noch vollends mit Salpetergas beladen, also sich in salpetrige und untersalpetrige Säure verwandeln; kommt umgekehrt das sauerstoffhaltende Gemenge zuletzt in die Röhre, so fliefst die neue Verbindung in Berührung mit diesem herab, und verwandelt sich gröfstentheils in Salpetersäure. Auch das Wasser, welches bei einer grofsen Weite des Gefäfses und beim Schütteln stärker einwirkt, begünstigt die Bildung der Salpetersäure wegen seiner gröfsern Affinität zu derselben u. s. w. Es darf uns daher nicht Wunder nehmen, dafs man nach Scherer von dem verschwundenen Gase $\frac{1}{5}$ als Sauerstoffgas betrachten soll, nach Ingenhouss $\frac{10}{45}$, nach Gay-Lüssac, wofern man die Mischung in einem weiten Gefäfse vor sich gehen läfst, und nicht schüttelt, $\frac{1}{4}$, nach Humboldt $\frac{10}{36}$ nach Lavoisier $\frac{100}{272}$ bis $\frac{100}{333}$, nach Priestley $\frac{100}{279}$, nach Hildebrandt $\frac{1}{3}$ und nach Dalton $\frac{1000}{2714}$ bis $\frac{1000}{4428}$ und dafs mit Hülfe dieses Eudiometers ehedem so falsche Bestimmungen über den Sauerstoffgasgehalt der Luft gegeben worden sind.

7. Davy's *Eudiometer*. Man bestimmt die Raumabnahme, welche ein Gasgemenge beim Schütteln mit einer mit *Salpetergas gesättigten Eisenvitriollösung* erleidet.

Eisenvitriol, in Wasser gelöset, absorbirt eine grofse Menge von Salpetergas, die Auflösung erhält eine grünbraune Farbe und die Eigenschaft, das Sauerstoffgas schnell zu verschlucken. Man verfährt, wie beim Schwefellebereudiometer. Ehe man jedoch den Gasrückstand mifst, schüttelt man ihn noch mit einer Eisenvitriollösung, welche das Salpetergas absorbirt, welches etwa aus der ersten Lösung in das Gas übergetreten war. Die Raumverminderung kommt rein auf Rechnung des Sauerstoffgases. Die Menge desselben wird jedoch leicht zu klein gefunden, weil das vom Eisenvitriol absorbirte Salpetergas allmälig durch denselben zersetzt wird und Stickgas in das zu prüfende Gas austreten läfst. *G.*

Expansibilien.

Expansibele, ausdehnsame oder elastische Flüssigkeiten; *Fluida elastica;* Fluides aériformes, ou expansibles; *Expansible or elastic fluids;* könnte man diejenigen Flüssigkeiten nennen, welchen die Eigenschaft der *Expansion* oder *Expansibilität* zukommt, nämlich die Gasarten und Dämpfe. Weil aber diese Bezeichnung noch nicht übereinstimmend in der deutschen Sprache aufgenommen ist, die Eigenschaft aber, worauf sie sich gründet, den beiden letzteren Flüssigkeiten gemeinschaftlich zukommt, so ist es besser, sie ganz wegzulassen und demjenigen Sprachgebrauche ein bleibendes Ansehn zu verschaffen, welcher rücksichtlich dieser beiden Flüssigkeiten im Artikel *Dampf* in Vorschlag gebracht ist. *M.*

Expansion.

Expansibilität, permanente oder absolute Elasticität; *Expansio seu elasticitas*; Expansion; *Expansion*; bezeichnet theils den Zustand des Ausgedehntseyns der expansibelen oder sogenannten elastischen Flüssigkeiten, theils die diesen inwohnende eigenthümliche Kraft, oder vielmehr das Bestreben, sich gegen die Einwirkungen äufserer Zusammendrückungen in einen gröfseren Raum auszudehnen. Nach der im Art. *Elasticität* festgesetzten Bedeutung des Wortes können die expansibelen Flüssigkeiten nicht elastisch genannt werden, und auf gleiche Weise ist im Art. *Dampf* gezeigt, dafs der eigenthümliche Charakter der Expansibilität in demjenigen Umfange, wie ihn das bekannte *Mariotte'sche Gesetz* fordert, nach den bisherigen Versuchen blofs einigen Gasarten eigenthümlich zukommt. Indem aber die durch dieses Gesetz bezeichnete Eigenschaft der Expansion oder Expansibilität vorzugsweise zu den Eigenthümlichkeiten und in gewisser Hinsicht zum Wesen der Gasarten gehört, so ist es am besten, sie im Artikel *Gas* näher zu untersuchen. Fragt man endlich nach dem Unterschiede der Wortbedeutungen *Expansion* und *Expansibilität*, so ist derselbe zwar nicht genau fixirt, im Allgemeinen aber bedeutet das erstere mehr den bleibenden Zustand des Ausgedehntseyns, das letztere dagegen das Bestreben,

gegen die Einwirkung äufsererer Zusammendrückung stets einen gröfseren Raum einzunehmen, womit dann die Ausdrücke expandirt und expansibel übereinstimmen. Genau genommen sind diese Bedeutungen der Etymologie nicht völlig angemessen, vielmehr würde es hiernach am richtigsten seyn, dasjenige, was man bisher durch Expansion und Expansibilität ausdrückt, mit Elasticität, letztere Eigenschaft aber durch *Federkraft* zu bezeichnen. *M.*

Experiment. S. *Versuch.*

Experimentalphysik. S. *Naturlehre.*

(Ende des dritten Bandes.)

Fig. 4.

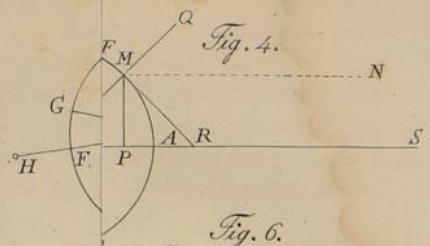

Fig. 6.

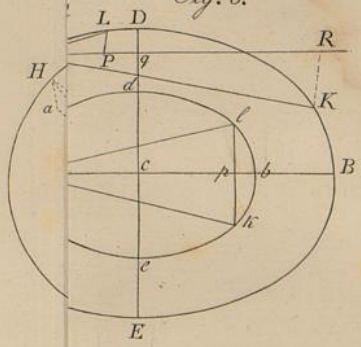

Fig. 7.

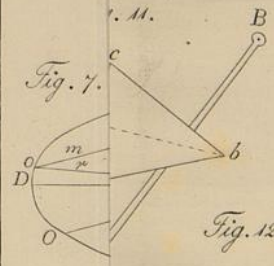

Fig. 12.

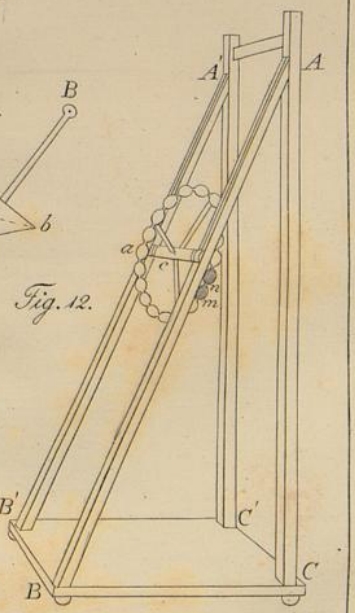

Fig.

G. Dunzing. Ant. Karcher Sc.