1241

Die

Lehren der Astronomie

für

Gebildete faßlich dargestellt

von

Sir John F. W. Herschel,

Ritter des Guelphen-Ordens ꝛc. ꝛc.

Berg
1241

Benz. 1241
2 d

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Einleitung.

1) Wer ein wissenschaftliches Studium beginnt, dessen erste Bestrebung muß darauf gerichtet seyn, seinen Geist dadurch für die Aufnahme der Wahrheit empfänglich zu machen, daß er über die Gegenstände und Verhältnisse, welche er zu untersuchen Willens ist, alle die unreifen und übereilt angenommenen Meinungen, die dazu beitragen, ihn zu verwirren oder irre zu leiten, aufgiebt, oder wenigstens nicht mehr so fest hält; und daß er sich für die vorurtheilsfreie Annahme jeder Folgerung, die auf sorgfältiger Beobachtung und logischem Beweise beruht, — sollte sie auch den Ansichten entgegen seyn, die er früher selbst gewonnen, oder ohne weitere Prüfung von Andern erhalten hat, — durch eine Art von Anstrengung und Entschluß kräftigt. Ein solches Streben ist in der That der Anfang derjenigen intellektuellen Disciplin, die einen der wichtigsten Zwecke aller Wissenschaft bildet. Es ist die erste Annäherung an jenen Zustand geistiger Reinheit, die uns allein für eine volle und stete Wahrnehmung moralischer Schönheit sowohl als physischer Zweckmäßigkeit befähigen kann. Es ist „der Augentrost und die Raute," mit welchen wir „unser Gesicht schärfen" müssen, bevor wir die Grundzüge der Wahrheit und Natur auffassen und betrachten können.

2) Keine Wissenschaft bedarf einer solchen Vorbereitung mehr, als die Astronomie, oder nimmt in höherem Grade die intellektuelle Unbefangenheit in Anspruch, welche bereit ist, anzunehmen, was bewiesen, oder zuzugestehen, was höchst wahrscheinlich gemacht worden ist, wie neu und ungewöhnlich auch die Gesichtspunkte seyn mögen, in welche selbst die bekanntesten Gegenstände dadurch versetzt werden. Fast alle ihre Folgerungen stehen in offenem und auffallendem Widerspruche mit denen der oberflächlichen und gewöhnlichen Beobachtung, und mit dem, was sich jedem als das positivste Zeugniß seiner Sinne so lange darstellt, bis er die Beweise für's Gegentheil eingesehen und erwogen hat. So wird die Erde, auf welcher er steht, und welche Jahrhunderte hindurch den festesten Structuren der Kunst oder der Natur eine unerschütterte Grundlage gewährt hat, vom Astronomen ihres Attributes der Unbeweglichkeit beraubt, und von ihm als ein Weltkörper geschildert, der sich rasch um seinen Mittelpunkt dreht, und zugleich auch mit reißender Schnelligkeit im Raume fortbewegt. Die Sonne und der Mond, welche dem Laien als runde Körper von eben nicht beträchtlicher Größe erscheinen, werden in des Astronomen Einbildungskraft gewaltig große Kugeln, von welchen die eine selbst der Erde an Größe nahe kommt, die andere sie unendlich übertrifft. Die Planeten, welche nur als Sterne von etwas größerem Glanze, als die übrigen, erscheinen, sind ihm geräumige, kunstvoll eingerichtete und bewohnbare Welten, mehrere von ihnen ungleich größer und viel merkwürdiger ausgerüstet, als die Erde, welche er bewohnt, andere dagegen weniger so; und die Sterne im eigentlichen Verstande, welche sich einem gewöhnlichen Vorstellungsvermögen nur als leuchtende Funken oder glänzende Atome darstellen, sind ihm Sonnen von mannichfacher und überschwenklicher Erhabenheit — glänzende Mittelpunkte des Lebens und des Lichtes für Myriaden unsichtbarer Welten: so daß, wenn er die Größe der Ideen, die seine Rechnungen erweckt haben, mit seinen erweiterten Gedanken umfaßt, und seine Phantasie, so wie das Vermögen der Sprache erschöpft hat,

um Gleichnisse zu ersinnen und bildliche Redensarten, welche die Unermeßlichkeit des Maaßstabes erläutern, wonach sein Weltall erbaut ist, er zurückstarrt auf den Himmelskörper seiner Geburt, der ihm in der Vergleichung als ein bloßer Punkt und selbst in dem winzigen Sonnensysteme, zu welchem er gehört, so verloren erscheint, daß er für einige der größeren und entfernteren Planeten dieses Systemes schon unsichtbar ist, und von ihnen nicht geahnet wird.

3) Kaum irgend etwas vermag die Gewalt, welche die Wahrheit auf den Geist des Menschen äußert, sobald nicht Beweggründe des Interesses oder der Leidenschaft entgegen stehen, in ein helleres Licht zu setzen, als die vollkommene Bereitwilligkeit, mit welcher alle diese Folgerungen zugestanden werden, wenn der Beweis derselben völlig begriffen worden ist, und der beharrliche Einfluß, den sie über unsern Glauben erlangen, wenn sie einmal zugegeben worden sind. Im Verlaufe dieses Buches nehmen wir es deshalb für ausgemacht an, daß der Leser mehr davon ausgeht, das System kennen zu lernen, wie es jetzt feststeht, was eben der Zweck des Buches ist, als Einwendungen dagegen zu machen oder zu erneuern, mit einem Worte, daß er mit gutem Willen ans Werk gehe; bei welcher Annahme wir uns nicht allein die Mühe ersparen, Beweisthümer auf Beweisthümer zu häufen, um den Zweifler zu überzeugen, sondern die auch zugleich die Fortschritte des Lesers sehr erleichtert, insofern er es leichter und befriedigender finden wird, gleich anfangs einen geraden und bestimmten Pfad zu verfolgen, als beständig Abstecher zu machen, und sich selbst in Schwierigkeiten und Umschweife zu verwickeln, so daß er endlich sich doch noch genöthigt sehen würde, unsern Weg einzuschlagen.

4) Die Methode, welche wir deshalb zu befolgen Willens sind, ist weder streng genommen die analytische noch die synthetische, sondern vielmehr eine Verbindung beider mit Hinneigung zu letzterer, wie es für ein Lehrbuch am besten paßt. Es ist nicht unsere Absicht, Gegner zu überzeugen oder zu widerlegen, noch unter

dem Scheine angenommener Unwissenheit erst nach Grundsätzen zu forschen, in deren vollem Besitze wir die ganze Zeit über waren, sondern blos zu lehren, was wir wissen. Die ziemlich engen Grenzen eines einzigen Bandes und die Nothwendigkeit, bei jedem Punkte innerhalb dieser Grenze besonders ausführlich in der Erklärung zu werden, wie auch der im hohen Grade gereifte und bestimmte Charakter der Wissenschaft selbst, sprechen für die Anwendbarkeit und die Wahl dieser Lehrmethode. Anwendbar ist dieselbe, weil keine Gefahr jetzt vorhanden ist, daß eine Umwälzung, gleich denen, welche die Gestalt der weniger vorgeschrittenen Wissenschaften täglich verändern, in der Astronomie eintrete, alle unsere Hypothesen vernichte, und unsere Angaben in Verwirrung bringe. Wählbar, weil der Raum, der darauf verwendet werden müßte, um entweder widerlegte Systeme zu bekämpfen, oder den Leser in langsamen und abgemessenen Schritten vom Bekannten zum Unbekannten zu führen, weit vortheilhafter benutzt werden kann für solche erklärende Erläuterungen, welche ihn mit der Aufeinanderfolge der Erscheinungen und ihrer Entstehungsart vertraut machen, und ihm, so zu sagen, einen praktischen Sinn dafür einflößen. Wir werden deshalb die analytische Methode nicht verwerfen, wo sie leichter und gerader zum Ziele führt, noch viel weniger uns durch steifes Anhangen an Methode auf irgend eine Weise Fesseln anlegen. Da wir nur schreiben, um verstanden zu werden, und in dem kleinstmöglichen Raume so viel Belehrung mitzutheilen, als mit deutlicher und wirksamer Mittheilung verträglich ist, so können wir weder dem Systeme, noch der Form, noch einem gekünstelten Vortrage irgend ein Opfer bringen.

5) Wir nehmen von vorn herein das Copernicanische Weltsystem als verbürgt an, und bauen darauf, daß die leichte, begreifliche und natürliche Erklärung, die es für alle zu erläuternden Erscheinungen darbietet, in der Seele des Studirenden, auch ohne die Förmlichkeit der Demonstration, oder die überflüssige Weitschweifigkeit des Lobes, die Ueberzeugung seiner Wahrheit zurücklassen werde, was an die wichtige Bemerkung Ba-

co's erinnert: „Theoriarum vires, arcta et quasi se mutuo sustinente partium adaptatione, qua, quasi in orbem cohaerent, firmantur;“ *) wir werden auch nicht verfehlen, den Leser, so wie es die Gelegenheit mit sich bringt, auf den Contrast aufmerksam zu machen, den die außerordentliche Einfachheit desselben mit der Complication anderer Hypothesen bildet.

6) Die vorläufigen Kenntnisse, von denen es, der nützlichern Lektüre der folgenden Seiten wegen, zu wünschen wäre, daß sie der Studirende besitzt, bestehen in hinlänglicher Vertrautheit mit der Decimal- und Sexagesimalrechnung; in einiger Bekanntschaft mit Geometrie und Trigonometrie, sowohl der ebenen, als der sphärischen; in den ersten Grundsätzen der Mechanik; und in so viel Verständniß der Optik, um die Construction und den Gebrauch des Fernrohres und einiger andern einfacheren Instrumente einzusehen. Je mehr man von diesen Kenntnissen bei der Lektüre dieses Buches besitzt, desto leichter wird man Fortschritte machen, und desto vollständiger wird die daraus geschöpfte Belehrung seyn; aber wir werden uns in jedem Falle bemühen, so weit es geschehen kann, ohne die Deutlichkeit und jene nützliche Kürze aufzuopfern, die in der Abwesenheit von Weitschweifigkeit und Episoden besteht, Alles, was wir zu sagen haben, von andern Büchern so unabhängig als möglich zu machen.

7) Endlich müssen wir diejenigen unserer Leser, welche ihre astronomischen Studien mit dem gegenwärtigen Werke vielleicht anfangen und enden (obgleich die Zahl derselben, wenigstens der letzteren, gering seyn dürfte), aufs Bestimmteste darauf hinweisen, daß der höchste Anspruch dieses Buches bloß darin besteht, sie auf die Thürschwelle dieser besondern Abtheilung des Tempels der Wissenschaft, oder auch auf eine Anhöhe

*) Die Bestätigung einer Theorie beruht auf dem völligen Zusammenpassen ihrer Theile, wodurch sie, gleich denen eines Gewölbes, sich gegenseitig tragen und ein zusammenhängendes Ganze bilden.

ausserhalb desselben zu stellen, von wo aus sie so ziemlich einen allgemeinen Begriff von seiner Struktur erlangen können; oder höchstens denen, welche einzutreten wünschen, einen Grundriß seiner Zugänge in die Hand zu geben, und sie in den Besitz des Loosungswortes zu setzen. Zulassung ins Heiligthum desselben und zu den Vorrechten und Gefühlen eines Geweihten ist nur durch ein einziges Mittel zu erlangen, — durch eine tüchtige und ausreichende Kenntniß der Mathematik, des Hauptmittels aller genauen Forschung, ohne welches man weder in diesem, noch in irgend einem andern der höhern wissenschaftlichen Fächer, solche Fortschritte machen kann, um auf eine unabhängige Meinung über irgend einen Gegenstand der Diskussion innerhalb dieses Gebietes Anspruch machen zu dürfen. Es ist nicht ohne Anstrengung für diejenigen, welche diese Kenntniß besitzen, sich über solche Gegenstände mit denen, welche sie nicht besitzen, zu unterhalten, und ihre Sprache und Erläuterungen den Bedürfnissen einer solchen Unterhaltung anzupassen. Sätze, zwischen welchen der Eine fast gar keinen Unterschied macht, sind für den Andern wichtige und schwierige Theoreme; eben so wenig bietet sich der Beweis derselben dem Geiste eines Jeden auf dieselbe Weise dar. Wenn wir dergleichen Sätze unter solchen Umständen lehrten, haben wir uns nicht auf die reine und abstracte Vernunft berufen, sondern auf das Gefühl der Aehnlichkeit — auf Praxis und Erfahrung. Grundsätze und Arten der Wirkung sind aufgestellt worden nicht durch direkte Schlußfolgerung aus anerkannten Ursätzen, sondern wir haben einfache und bekannte Beispiele vorgelegt, bei welchen dieselben Grundsätze und dieselben, oder ähnliche, Wirkungsarten stattfinden; auf diese Art haben wir gewissermaßen in jedem einzelnen Falle eine besondere Induction (Herleitung eines allgemeinen Satzes aus Einzelnerfahrungen) aufgestellt, und mit jedem Schritte einen kleinen Complex von Wissenschaft zusammengetragen, um den Erfordernissen desselben zu begegnen. Der Unterschied ist etwa der, sich einen Weg durch ein un-

betretenes Land bahnen, und mit Bequemlichkeit auf einer breiten und ebenen Landstraße sich fortbewegen, — d. h. nämlich, wenn wir entschlossen sind, uns ganz verständlich zu machen und überall uns auf die Vernunft zu berufen. Die Methode, eine Behauptung aufzustellen, und ohne Weiteres zu verlangen, daß der Leser ihr Glauben schenken solle (obgleich in manchen verwickelten Fällen unerläßlich, wo eine erläuternde Erklärung dadurch, daß sie für beide Theile zu weitschweifig und lästig werden würde, ihren Zweck verfehlen muß), werden wir nie anwenden, und möchten sie auch Andern nicht empfehlen.

8) Obschon es etwas Neues ist, den Weg mathematischer Demonstration bei der Behandlung von Gegenständen, die sich dafür eignen, zu verlassen, und einen bedeutenden wissenschaftlichen Zweig ganz, oder zum größten Theile, auf dem Wege der Erläuterung und bekannter Vergleichungen vorzutragen: so ist es doch nicht unmöglich, daß auch diejenigen, welche bereits mit unserm Gegenstande bekannt sind, und die ihre Kenntnisse durch die unläugbar höhere und bessere Praxis erlangt haben, welche mit den ausgesprochenen Zwecken des gegenwärtigen Werkes unvereinbar ist, bei der Lektüre des letzteren ihre Rechnung finden werden, und zwar aus dem Grunde, weil es immer von Nutzen ist, einen gegebenen Complex von Kenntnissen dem Geiste aus so mannichfaltigen Standpunkten darzubieten, als nur immer möglich ist. Es ist eine Eigenthümlichkeit der Erläuterungen dieser Art, daß sie nicht zwei denkende Individuen auf dieselbe Weise, oder mit derselben Kraft, ergreifen, weil nicht zwei solcher Individuen die nämlichen Vorstellungen besitzen, oder sie auf gleichem Wege erlangt haben. Es kann deshalb recht gut der Fall eintreten, daß bei dieser Art des Vortrages irgend ein Satz selbst Einem, der ganz gut damit bekannt ist, nicht blos in einem neuen und ungewöhnlichen, sondern auch in einem auffallendern und genügendern Lichte erscheint; daß einige Dunkelheit zerstreut, irgend eine innere Ahnung aufgeklärt, oder sogar irgend ein Glied ergänzt wird, was zur Wahrnehmung von Verbindungen und zu Fol-

gerungen führen kann, die vorher ganz unbekannt waren. Und die Wahrscheinlichkeit dieses Erfolges wird um so größer, wenn, wie in dem gegenwärtigen Falle, die gewählten Erläuterungen nicht mit Sorgfalt aus Büchern zusammengetragen sind, sondern sich dem Geiste des Verfassers von selbst dargeboten haben, weil sie mit seinen Ansichten am meisten im Einklange standen. Dabei ist es, wie sich versteht, nicht seine Absicht, bei allen, oder einzelnen derselben, mehr Anspruch auf Originalität zu machen, als sie wirklich besitzen.

9) Ueberdieß giebt es in der Anwendung der mechanischen Grundsätze, mit denen der Mathematiker nur zu vertraut ist, Fälle, in welchen, wenn die gegebenen Größen vorliegen, und die numerischen und geometrischen Verhältnisse seiner Probleme sämmtlich dem Verstande klar sind, — wenn seine Kräfte veranschlagt und seine Linien gemessen sind, — ja wenn er sogar alle seine künstlichen Methoden in Anwendung gebracht hat und ganz bis zum Schluße gekommen ist, — immer noch, seinen Gedanken nach, Etwas fehlt, — nicht im Beweise, denn er hat jedes Glied untersucht und findet die Kette vollständig, — nicht in den Grundsätzen, denn diese sind, wie er wohl weiß, zu fest begründet, um erschüttert werden zu können, — sondern, mit einem Worte, in der Art und Weise der Wirkung. Er hat nach logischen und technischen Regeln eine Menge von Schlüssen an einander gereiht, aber die Zeichen, welche er dabei anwendete, sind nicht Bildnisse der Natur, oder haben als solche ihre ursprüngliche Bedeutung für seinen Geist verloren: er hat, so zu sagen, den Proceß der Natur nicht in einem Augenblicke, und seiner Einbildungskraft als ein Ganzes vorschwebend, unter seinen Augen vor sich gehend, erblickt. Eine bekannte Vergleichung, oder eine Erläuterung, von einem künstlichen oder natürlichen Processe entnommen, von welchem er den direkten und individuellen Eindruck besitzt, der ihm Realität giebt und ihn mit einem Namen verbindet, wird in fast jedem solchen Falle augenblicklich diese fehlende Form ergänzen, alle seine Zeichen in wirkliche Bildnisse umwandeln, und eine lebendige Bedeutung dem

einflößen, was vorher eine leblose Reihenfolge von Worten und Zeichen war. Wir können allerdings nicht immer uns versprechen, diesen Grad der Lebendigkeit in unsern Erläuterungen zu erreichen, auch sind die zu erläuternden Punkte selbst nicht immer von der Art, daß sie durch ein einziges im gewöhnlichen Laufe der Erfahrung anführbares Beispiel umschrieben werden könnten, wenn wir uns dieses Ausdruckes bedienen dürfen; aber wenigstens der Zweck soll im Auge behalten werden; und da wir recht gut wissen, daß wir durch solche Versuche für uns selbst weit deutlichere Ansichten von einigen der verborgeneren Wirkungen planetarischer Störung gewonnen haben, als es uns durch eine ins Einzelne gehende mathematische Forschung gelungen war, so dürfen wir wohl mit Grund der Hoffnung Raum geben, daß dieses Bestreben auch bei Andern nicht immer ohne ähnlichen Erfolg bleiben werde.

10) Aus dem eben Gesagten ergiebt sich, daß es nicht unsere Absicht ist, dem Publikum eine technische Abhandlung zu liefern, in welcher der Leser, der sich dem Studium der praktischen oder theoretischen Astronomie widmen will, die ausführliche Beschreibung von Beobachtungsmethoden niedergelegt, oder die Formeln so, wie er sie bedarf, entwickelt, oder die Beweise derselben ausführlich auseinander gesetzt findet. In allen diesen Punkten wird er das gegenwärtige Werk mager und seinen Bedürfnissen nicht entsprechend finden. Es verfolgt einen ganz andern Zweck, darin bestehend: in jedem Falle blos die letzte gründliche Erklärung der Thatsachen, Beweise und Verfahrungsarten zu geben, und in allen Fällen, wo die Mathematik in Anwendung kommt, Alles zu vermeiden, was dazu beitragen könnte, seine Blätter mit algebraischen oder geometrischen Zeichen anzufüllen, um dagegen unter seine Aufsicht den Centralfaden des gemeinen Menschenverstandes zu stellen, an welchem die Perlen der analytischen Untersuchung unwandelbar aufgereiht werden, der aber, bei der Aufmerksamkeit, welche die letzteren für sich in Anspruch nehmen, oft dem Auge des Gaffers verborgen bleibt, auch nicht immer von denen, welche sie anreihen, die geradeste und am bequemsten zu verfolgende Form er-

halten hat. Dieses ist kein Fehler derer, welche die angedeuteten Untersuchungen geführt haben; denn die geistige Anstrengung, welche letztere in Anspruch nehmen, ist enorm; aber es mag vielleicht daher rühren, daß jene Männer in Erfahrung gebracht haben, wie wenig sich blos durch gewöhnliche Helligkeit des Kopfes ausrichten läßt, wenn es gilt, solche Processe bis zum Schluß zu bringen, und wie nothwendig es oft ist, auf die rein mathematischen Bedingungen, welche den Erfolg sichern, auf die künstliche Behandlung ihrer Gleichungen und Reihen, mehr Aufmerksamkeit zu verwenden, als auf diejenigen Bedingungen, welche Ursachen mit ihren Wirkungen, und beide mit der menschlichen Vernunft verbinden. Diesem Umstande hat man vielleicht zum Theile die Undeutlichkeit der Anschauung zuzuschreiben, welche der eifrig Studirende oft als einen störenden Uebelstand beklagt, und die man noch häufiger der natürlichen Trübung einer für gewöhnliche Fassungskraft zu erhabenen Atmosphäre ironisch zuzuschreiben pflegt. Wir hoffen, beiden Classen von Lesern dadurch einen guten Dienst zu erweisen, daß wir, so weit unsere Kräfte reichen, diese zufällige Dunkelheit zerstreuen, und der gewöhnlichen ununterrichteten Fassungskraft zeigen, was sie zu erreichen hoffen darf, und was nicht.

Erstes Capitel.

Allgemeine astronomische Begriffe. — Gestalt und Größe der Erde. — Horizont und dessen Depression. — Die Atmosphäre. — Die Strahlenbrechung. — Die Dämmerung. — Erscheinungen die von der scheinbaren täglichen Bewegung des Himmels herrühren. — Die Parallaxe. — Erste Erlangung einer Idee von der Entfernung der Sterne. — Erklärungen.

11) Die Größen, die Entfernungen, die Anordnung und die Bewegungen der Himmelskörper, welche das sichtbare Universum ausmachen, ihre Einrichtung und ihr physischer Zustand, so weit sie uns bekannt seyn können, mit ihren gegenseitigen Einflüssen und Beziehungen zu einander, so weit dieselben aus den hervorgebrachten Wirkungen gefolgert und durch gesetzmäßige Vernunftschlüsse festgestellt werden können, bilden die Gesammtheit der Gegenstände, auf welche die Aufmerksamkeit des Astronomen gerichtet ist. Schon der Ausdruck Astronomie*), welcher das Gesetz oder die Regel der Sterne

*) Ἀστηρ, ein Stern; νόμος, ein Gesetz; oder νέμειν, hüten, wie ein Hirte seine Heerde, so daß ἀστρονόμος „Hirte der Sterne" bedeutet. Die beiden Etymologieen laufen indessen auf eins hinaus.

bezeichnet (unter welchen die Alten nicht allein die eigentlichen Sterne, sondern auch die Sonne, den Mond und alle sichtbaren Bestandtheile des Himmels verstanden), zeigt dieses zur Genüge an; und obschon der Ausdruck Astrologie, welcher die Vernunft, die Theorie, oder die Erklärung der Sterne*) bezeichnet, in seinem Gebrauche herabgewürdigt, und auf abergläubische und täuschende Versuche, künftige Ereignisse, vermöge ihrer Abhängigkeit von angeblichen planetarischen Einflüssen, zu weissagen, beschränkt worden ist, so hatte doch dieser Ausdruck ursprünglich jene Bedeutung.

12) Aber außer den Sternen und anderen Himmelskörpern ist die Erde selbst, als einzelner Himmelskörper betrachtet, ein Hauptgegenstand der Erwägung des Astronomen, ja in der That der wichtigste von allen. Ihre Wichtigkeit in praktischer sowohl, als theoretischer Bedeutung beruht nicht allein in ihrer Nähe und in ihrer Beziehung zu uns, als lebendigen Geschöpfen, denen sie die Befriedigung aller Bedürfnisse gewährt, sondern darin, daß sie der Standpunkt ist, von wo aus wir alle übrigen Himmelskörper erblicken, und zugleich der einzige unter denselben, von welchen wir zuerst bestimmte Merkmale und Maaße entnehmen können, um mittelst derselben die Veränderungen ihrer Stellung zu erkennen, oder ihre Entfernungen zu vergleichen.

13) Dem Leser, welcher jetzt zum erstenmale ein Werk über Astronomie in die Hand bekommt, muß es sicherlich sonderbar vorkommen, wenn er findet, daß die Erde mit den Himmelskörpern in gleiche Classe gesetzt, und daß für, dem Anscheine nach, so verschiedene Gegenstände eine gemeinschaftliche Natur angenommen wird. Denn was kann in der That anscheinend verschiedenartiger seyn, als die weite und scheinbar unermeßliche Ausdehnung der Erde, verglichen mit den Sternen, die

*) *Λόγος*, Vernunft, oder Wort, das Vehikel der Vernunft, der Dolmetscher des Gedankens.

nur als Punkte sich darstellen, und gar keine Größe zu haben scheinen? Die Erde ist dunkel und undurchsichtig, während die Himmelskörper glänzend sind. Wir bemerken an der Erde keine Bewegung, an jenen dagegen eine beständige Veränderung des Ortes, mögen wir sie nun zu verschiedenen Stunden des Tages, oder der Nacht, oder zu verschiedenen Jahreszeiten beobachten. Deßhalb nahmen die Alten, nur einer oder zwei der Aufgeklärtern unter ihnen ausgenommen, keine solche gemeinschaftliche Natur an; und indem sie auf diese Weise die Himmelskörper und ihre Bewegungen außer den Bereich der Analogie und der Erfahrung setzten, schnitten sie in der That jede Schlußfolgerung von dem, was hier unten vorgeht, auf das, was sich in den Regionen ereignet, in welchen jene existiren und sich bewegen, vollständig ab. Unter solchen Umständen konnte die Astronomie nicht als eine Wissenschaft von Ursache und Wirkung bestehen, sondern mußte sich bloß auf eine Aufzeichnung der Erscheinungen beschränken, ohne alle Verbindung mit irgend einem Versuche, dieselben nach vernünftigen Grundsätzen zu erklären. Indem man dieses Vorurtheil beseitigt, thut man deßhalb den ersten Schritt, um zu erfahren, wie sich die Sache eigentlich verhält; und der Leser hat die erste Mühe auf die Erlangung einer richtigen Erkenntniß verwendet, wenn er gelernt hat, sich mit der Idee vertraut zu machen, daß die Erde nach allem weiter nichts seyn könne, als ein großer Stern. Wie richtig eine solche Ansicht seyn möge, und mit welchen Beschränkungen und Modificationen sie einzuräumen sey, werden wir sogleich näher sehen.

14) Da wir, um richtige Begriffe von der Anordnung vieler Himmelskörper im Raume zu erlangen, denen wir uns nicht nähern und sie untersuchen können, weiter nichts zu thun vermögen, als still zu sitzen und ihre Entwickelungen abzuwarten, so muß es offenbar für uns zuerst von großem Belange seyn, zu wissen, ob dasjenige, was wir Stillesitzen nennen, in der That auch dasjenige sey, was wir darunter verstehen: ob der Standort, von wo aus wir sie sehen, mit uns

selbst und allen Gegenständen, die uns unmittelbar umgeben, nicht selbst, ohne daß wir es gewahr werden, in Bewegung sey. Die scheinbaren Orte einer Menge von Gegenständen und ihre scheinbare gegenseitige Anordnung ist demnach wesentlich abhängig von dem Standpunkte des Beobachters unter ihnen; und wenn dieser Standpunkt, ohne Wissen des Beobachters, selbst der Veränderung unterliegt, so wird in den Lagen der Gegenstände zu einander eine Veränderung eingetreten zu seyn scheinen, ohne daß es wirklich der Fall ist. Verhält sich dieses aber in der That so, so folgt daraus, daß nicht alle Bewegungen, die wir unter den Sternen zu bemerken glauben, wirkliche Bewegungen sind, sondern daß wenigstens ein Theil der Veränderungen des relativen Ortes, die wir unter den Sternen wahrnehmen, bloß scheinbar, und das Resultat der Veränderung unseres eigenen Standpunktes seyn müsse; und daß, wenn wir jemals zu einer Kenntniß ihrer wirklichen Bewegungen gelangen wollen, dieses nur dadurch geschehen kann, daß wir zuerst unsere eigene erforschen, und die Wirkungen derselben gehörig in Anschlag bringen. Die Frage, ob die Erde im Zustande der Bewegung oder der Ruhe sich befinde, und wenn ersteres der Fall ist, wie diese Bewegung beschaffen sey, ist folglich nichts weniger als unwichtig, sondern es hängt davon unsere einzige Aussicht ab, zu richtigen Schlüssen über die Einrichtung des Weltalls zu gelangen.

15) Man finde es nicht sonderbar, daß wir von einer Bewegung der Erde sprechen, welche von den Bewohnern derselben nicht bemerkt wird. Man erinnere sich, daß wir von der Erde als einem Ganzen sprechen, mit allem, was sie in sich, oder auf ihrer Oberfläche enthält; von einer Bewegung, welche der festen Masse, dem Oceane, welcher dieselbe umgiebt, der Luft, welche auf der Erde ruht, und den Wolken, welche über der Erde in der Luft schwimmen, gemeinschaftlich ist. Eine solche Bewegung, die keinen irdischen Gegenstand von seiner relativen Stelle unter andern Gegenständen verrückt, keinen der natürlichen Pro-

cesse stört, und nicht die Empfindungen von Stößen oder Erschütterungen zurückläßt, kann offenbar bestehen, ohne von uns bemerkt zu werden. Es giebt kein eigenthümliches Gefühl, was uns benachrichtigt, daß wir uns in Bewegung befinden. Wir empfinden allerdings Erschütterungen oder Stöße, weil diese plötzliche Veränderungen der Bewegung sind, welche, wie uns die Gesetze der Mechanik lehren, durch plötzliche und mächtige Kräfte erzeugt werden, die während kurzer Zeiträume wirken; diese Kräfte nun, auf unsere Körper angewendet, sind dasjenige, was wir empfinden. Wenn wir z. B. in einer zugemachten Kutsche, oder mit verschlossenen Augen fahren, (um keine äußern Gegenstände gewahr zu werden), so spüren wir eine Erschütterung, von den Unebenheiten des Weges herrührend, über welche das Fuhrwerk nach und nach steigt und fällt, aber wir haben keine Empfindung der Fortbewegung. Ist der Weg ebener, so empfinden wir weniger von der Bewegung, obschon die Geschwindigkeit derselben zugenommen hat. Wer auf der berühmten Eisenbahn zwischen Manchester und Liverpool gereiset ist, versichert, daß außer dem Getöse des Wagenzuges und der Geschwindigkeit, mit welcher äußere Gegenstände vorüber zu fliegen scheinen, man fast keine andere Empfindung, als diejenige vollständiger Ruhe, habe.

16) Aber an Bord eines Schiffes, wo ein großes Körpersystem in Bewegung erhalten wird, und wo wir von einer Menge von Gegenständen umgeben sind, die mit uns selbst, so wie auch mit einander an der gemeinschaftlichen Fortbewegung der ganzen Masse Theil nehmen, empfinden wir auf eine höchst genügende Weise die Identität des Gefühles zwischen einem Zustande der Bewegung und einem Zustande der Ruhe. In der Cajüte eines großen und schweren Schiffes, welches vor dem Winde bei ruhiger See sanft dahingeht, oder einen Kanal entlang gezogen wird, giebt es nicht die kleinste Anzeige, die uns den Weg verräth, den es einschlägt. Wir lesen, sitzen, gehen und verrichten jede gewöhnliche Handlung, als ob wir auf dem Lande wä-

ren. Werfen wir einen Ball in die Luft, so kehrt er in unsere Hand zurück; oder, lassen wir ihn fallen, so fällt er vor unsern Füßen nieder. Insekten umschwirren uns, wie in der freien Luft; und der Rauch steigt auf dieselbe Weise empor, wie in einem Zimmer auf dem Lande. Kommen wir aber aufs Verdeck, so ändert sich die Sache in mancher Hinsicht; da die Luft sich nicht mit uns fortbewegt, so treibt sie den Rauch und andere leichte Körper — wie z. B. frei gelassene Federn — fort, und scheinbar in der dem Schiffslaufe entgegengesetzten Richtung; in der That aber bleiben *sie* im Zustande der Ruhe, und wir lassen sie nur in der Luft zurück. Immer noch bleibt die Täuschung, in so weit sie massive Gegenstände und unsere eigenen Bewegungen betrifft, vollständig; und wenn wir unsern Blick aufs Ufer richten, so bemerken wir dann die Wirkung unserer eigenen Bewegung, in entgegengesetzter Richtung auf äußere Gegenstände übergetragen (*äußere* nämlich *in Bezug auf den Inbegriff*, von welchem wir einen Theil ausmachen).

„Provehimur portu, terraeque urbesque recedunt.“

17) Aeußere Gegenstände, welche sich in Ruhe befinden, scheinen nicht allein in Bezug auf uns im Allgemeinen in Bewegung zu seyn, wenn wir uns unter ihnen in Bewegung befinden, sondern sie scheinen sich auch unter einander zu bewegen, — sie verändern ihre scheinbaren Orte *zu einander*. Wenn jemand sehr geschwind auf einer Landstraße fährt, und mit seinen Augen einen Gegenstand fixirt, zu gleicher Zeit aber seine Aufmerksamkeit der ganzen Landschaft nicht gänzlich entzieht, so wird er die ganze Landschaft in *kreisförmiger Bewegung* um den fixirten Gegenstand, als einen Mittelpunkt, erblicken, oder zu erblicken glauben; alle Gegenstände zwischen diesem Gegenstand und ihm selbst scheinen sich *rückwärts* zu bewegen, oder die seiner eigenen Richtung entgegengesetzte zu verfolgen; und alle Gegenstände jenseits des fixirten Gegenstandes scheinen sich vorwärts, oder mit dem Reisenden in gleicher Richtung zu bewegen. Sobald er aber

statt jenes Gegenstandes einen andern, z. B. einen nähern, fixirt, so verändert sich auch unmittelbar die Erscheinung der rotirenden Bewegung; und der scheinbare Mittelpunkt, um welchen dieser täuschende Kreislauf erfolgt, ist auf den neuen Gegenstand übergetragen, der für den Augenblick im Zustande der Ruhe erscheint. Diese scheinbare Veränderung der Stellung der Gegenstände in Bezug zu einander, welche von der Bewegung des Beobachters herrührt, heißt die parallactische Bewegung; und es leuchtet deshalb von selbst ein, daß, ehe man ausmitteln kann, ob äußere Gegenstände sich wirklich in Bewegung befinden, oder nicht, oder von welcher Beschaffenheit ihre Bewegungen sind, man jede parallactische Bewegung, die vorhanden ist, in Abzug oder in Anschlag bringen müsse.

18) Um uns übrigens die Erde als in Bewegung vorzustellen, müssen wir uns erst von ihrer Gestalt und Größe einen Begriff machen. Nun kann ein Gegenstand nicht Gestalt und Größe haben, ohne von allen Seiten von einem bestimmten Umrisse begrenzt zu seyn, so daß wir denselben uns wenigstens außer Verbindung mit andern Körpern, und isolirt im Raume, vorstellen können. Der erste rohe Begriff, den wir von der Erde bekommen, ist derjenige einer ebenen Oberfläche von unendlicher Ausdehnung nach allen Richtungen von der Stelle aus, wo wir stehen, und über derselben Luft und Himmel, unter derselben, bis zu unendlicher Tiefe, feste Masse. Dieses ist ein Vorurtheil, was wir gleich jenem, daß die Erde unbeweglich sey, beseitigen müssen; aber wir können dasselbe weit leichter beseitigen, da es nur aus unserer eigenen Geistesunthätigkeit entsprungen ist (indem wir uns nicht gefragt haben, wo wir einem Gegenstande Grenzen setzen wollen, den wir von Kindheit an als unermeßlich groß zu betrachten gewohnt sind), und nicht, gleich jenem, aus dem Zeugniß unserer falsch gedeuteten Sinne. Das directe Zeugniß unserer Sinne ist vielmehr ein ganz entgegengesetztes. Wenn wir die Sonne des Abends in Westen untergehen und in Osten wieder aufgehen sehen,

so müßten wir; da wir nicht zweifeln können, daß es die nämliche Sonne sey, welche wir nach temporärer Abwesenheit wieder sehen, allen unseren Begriffen von festem Stoffe Gewalt anthun, um anzunehmen, sie habe ihren Weg durch die Substanz der Erde genommen. Sie muß deshalb unter derselben weggegangen seyn, und zwar nicht bloß durch einen unterirdischen Kanal; denn, wenn wir genau Achtung geben, auf die Punkte, wo sie viele Tage nach einander, oder ein ganzes Jahr hindurch, untergeht und aufgeht, so werden wir finden, daß sich dieselben um eine sehr große Strecke des Horizontes herum beständig verändern; und außerdem gehen der Mond und die Sterne auch in allen Punkten des scheinbaren Horizontes auf und unter. Die Schlußfolgerung ist ganz einfach: die Erde kann nicht niederwärts unendlich an Tiefe zunehmen, auch nicht nach den Seiten hin von unendlicher Ausbreitung seyn; sie muß nicht nur in horizontaler Richtung Grenzen, sondern auch eine untere Seite haben, um welche die Sonne, der Mond und die Sterne ihren Weg nehmen können; und diese Seite muß wenigstens dem, was wir sehen, in so weit gleich seyn, daß sie einen Himmel und Sonnenschein, auch Tag hat, wenn es bei uns Nacht ist, und so umgekehrt; wohin, mit einem Worte,

— „redit a nobis Aurora, diemque reducit.
Nosque ubi primus equis oriens afflavit anhelis,
Illic sera rubens accendit lumina Vesper."

Georg.

19) Sobald wir uns mit dem Begriff einer Erde ohne Grundlagen, oder feste Stützen, vertraut gemacht haben, die im Raume von der Berührung jedes äußern Gegenstandes isolirt existirt, so wird es leicht, uns dieselbe in Bewegung vorzustellen, oder vielmehr schwierig, uns dieselbe anders vorzustellen; denn, da nichts vorhanden ist, welches sie an einem Orte zurückhalten kann, so muß sie, sobald es Ursachen der Bewegung giebt, oder Kräfte auf sie einwirken, dem Antriebe derselben folgen. Wir wollen nun die ein-

leuchtenden Umstände kennen lernen, die uns zu einer Kenntniß der Gestalt der Erde verhelfen.

20) Zuerst wollen wir untersuchen, was man von ihrer Gestalt wirklich sehen kann. Auf dem Lande können wir allerdings nichts von der allgemeinen Gestalt der Erde erkennen, wir müßten uns denn auf ungewöhnlich ebenen und ausgebreiteten Flächen befinden. Die Berge, Bäume und andere Gegenstände, welche die Oberfläche der Erde uneben machen, und die Linie des Horizontes unterbrechen und erhöhen, sind, obwohl sie offenbar in einem höchst kleinen Verhältnisse zur ganzen Erde stehen, doch in Bezug auf uns selbst und die kleine Portion der Erde, die wir mit einemmale übersehen können, noch zu beträchtlich, als daß wir aus der Gestalt eines so verunstalteten Theiles ein Urtheil über diejenige der ganzen Erde zu fällen im Stande wären. Aber mit der Oberfläche des Meeres, oder einer außerordentlich ausgebreiteten ebenen Fläche, verhält es sich anders. Wenn wir zu Schiffe das Land verlassen, bis es uns gänzlich aus den Augen verschwunden ist, und entweder auf dem Verdeck des Schiffes stehen, oder in den Mastkorb steigen, so werden wir immer die Oberfläche des Meeres, nicht in Entfernung und Nebel verschwindend, sondern von einer scharfen, hellen und deutlichen Linie, dem sogenannten Meerhorizonte, begrenzt erblicken, der uns ringsum in einem Kreise umgiebt, in dessen Mittelpunkt unser Standort fällt. Daß diese Linie wirklich ein Kreis sey, schließen wir erstens aus der vollkommenen scheinbaren Aehnlichkeit aller seiner Theile, zweitens aus dem Umstande, daß alle seine Theile gleichweit von uns entfernt zu liegen scheinen, und zwar offenbar in mäßiger Entfernung; und drittens daraus, daß der scheinbare Durchmesser desselben, mit einem Instrumente, dem sogenannten Depressions-Sector, gemessen, sich immer gleich bleibt (ausgenommen bei einigen einzelnen atmosphärischen Umständen, welche eine temporäre Verzerrung der Peripherie hervorbringen), in welcher Richtung derselbe auch gemessen werden mag. Dergleichen Eigenschaften gehören aber unter den geometrischen Fi-

guren nur dem Kreise an. Ersteigen wir auf einer Ebene eine beträchtliche Höhe (z. B. eine der ägyptischen Pyramiden), so ist auch dieses ausreichend.

21) Schiffsmaste und von Menschen aufgeführte Gebäude sind indessen im Vergleiche mit dem, was die Natur selbst darbietet, unbedeutende Höhen. Der Aetna, der Pik von Teneriffa, der Mowna Roa sind Höhen, von welchen aus ein nicht geringer Theil der Erdoberfläche übersehen werden kann; aber auch von diesen Höhen — nämlich in den wenigen und seltenen Fällen, wo die Durchsichtigkeit der Luft die wirkliche Grenze des Horizontes, den eigentlichen Meereshorizont, zu sehen gestattet — nimmt man ganz dieselben Erscheinungen wahr, jedoch mit dem merkwürdigen Nebenumstande, daß der Winkeldurchmesser der sichtbaren Fläche, mit dem Depressions-Sector gemessen, beträchtlich kleiner ist, als wenn man ihn von einem niederern Standpunkte aus mißt, oder mit andern Worten, daß die scheinbare Größe der Erde merklich abnimmt, je mehr wir uns von ihrer Oberfläche entfernen, während doch die absolute Quantität derselben, die wir auf einmal überschauen, zugenommen hat.

22) Dieselben Erscheinungen werden auf jedem Theile der bis jetzt von Menschen besuchten Erdoberfläche durchgängig wahrgenommen. Nun kann aber ein Körper, der, wo man ihn nur betrachten mag, immer kreisförmig erscheint, keine andere Gestalt, als diejenige einer Kugel, haben.

23) Eine Figur soll dieses erläutern. Wir wollen annehmen, die Kugel L H N Q (Fig. 1.) stelle die Erde dar, der Mittelpunkt derselben soll in C, und bei A, G und M die Standpunkte in verschiedenen Höhen über verschiedenen Punkten ihrer Oberfläche seyn, die wir mit a, g, m bezeichnen wollen. Von jedem dieser Standpunkte ziehe man, wie z. B. von M, eine Linie M N n, welche bei N eine Tangente der Oberfläche ist, so wird diese Linie den Sehstrahl bezeichnen, in dessen Richtung der Beobachter bei M den scheinbaren Horizont erblickt; und da diese Tangente sich rings um M herumdreht, und nach

und nach die Lagen MOo, MPp, MQq einnimmt, so wird der Berührungspunkt N auf der Oberfläche der Kugel den Kreis NOPQ beschreiben. Der Flächeninhalt dieses Kreises ist der für den Beobachter bei M sichtbare Theil der Erdoberfläche, und der Winkel NMQ, welcher von den beiden äußersten Sehstrahlen eingeschlossen wird, ist das Maaß seines scheinbaren Winkeldurchmessers. Wenn wir für jetzt die Wirkung der Strahlenbrechung in der unter M befindlichen Luft ganz bei Seite setzen (wovon weiter unten die Rede seyn wird), die immer dazu beiträgt, diesen Winkel etwas zu vergrößern, oder ihn stumpfer zu machen, so ist dieses der Winkel, der mit dem Depressions-Sector gemessen wird. Nun ist es einleuchtend, 1) daß, je höher der Punkt M über m, dem unmittelbar unter ersterem auf der Kugel liegenden Punkte, erhaben ist, um desto größer auch die sichtbare Fläche, nämlich das Kugelsegment oder der Abschnitt NOPQ seyn müsse; 2) daß die Entfernung des scheinbaren Horizontes*), oder der Grenze, welche unser Auge erblickt, nämlich die Linie MN, zunimmt; und 3) daß der Winkel NMQ weniger stumpf wird, oder mit andern Worten, daß der scheinbare Winkeldurchmesser der Erde abnimmt, der nirgends den Betrag von zwei rechten Winkeln oder 180° erreicht, sondern um eine merkliche Größe geringer ausfällt, und zwar um so geringer, je höher wir den Standort nehmen. Die Figur giebt drei Standpunkte von verschiedener Höhe, sammt dem, einem jeden entsprechenden Horizonte ꝛc., und schon ein Blick darauf genügt, um unsere Meinung aufzufassen. Wir wollen uns jetzt auf den größern und mehr in die Augen fallenden Horizont MNOPQ beschränken, und der Leser stelle sich n N M und M Q q als die beiden Schenkel eines bei M durch ein Gelenk verbundenen, und von der dazwischen liegenden Kugel N m Q auseinander gehaltenen Richtscheites vor. Es liegt nun auf der Hand, daß, wenn das Gelenk M ge-

*) Ὁρίζω, ich begrenze.

gen die Oberfläche hin gedrückt wird, die Schenkel sich öffnen, und das Richtscheit immer mehr einer geraden Linie sich nähern müsse, jedoch vollständige Geradlinigkeit nicht eher erreichen werde, als bis M mit der Oberfläche der Kugel bei m in vollkommener Berührung steht; in diesem Falle wird die ganze Länge der beiden Schenkel bei m eine Tangente der Kugel bilden, wie die Linie x y.

24) Dieses erklärt, was unter Depression des Horizontes zu verstehen ist. Die Linie M m, welche bei m auf die allgemeine Oberfläche der Kugel senkrecht fällt, ist auch die Richtung, in welcher ein Bleiloth*) hängt; denn es ist eine beobachtete Thatsache, daß in allen Lagen, an jedem Theile der Erde, die Richtung eines Bleilothes vollkommen perpendikulär zur Oberfläche des ruhigen Wassers ist, und daß sie ferner auch vollkommen perpendikulär auf eine Linie oder Fläche fällt, welche mittelst einer Weingeistlibelle**) gehörig adjustirt ist. Angenommen nun, daß wir auf unserm Standpunkte M eine Linie (z. B. ein hölzernes Richtscheit) mittelst einer Weingeistlibelle vollkommen genau adjustirt hätten, so wird, wenn wir uns die Richtung dieser Linie auf beiden Seiten unendlich verlängert denken, wie z. B. X M Y, die so entstandene Linie mit M m rechte Winkel bilden, und deßhalb der Linie x m y, als der Tangente der Kugel bei m, parallel seyn. Ein Beobachter in M wird deßhalb nicht allein das ganze Himmelsgewölbe X Z Y über dieser Linie, sondern auch diejenige Portion oder Zone desselben sehen, welche zwischen X N und Y Q liegt; mit anderen Worten, sein Himmel wird um die Zone Y Q X N mehr, als eine Halbkugel seyn. Die Winkelbreite dieser überschüssigen Zone, nämlich der Winkel Y M Q, ist es nun, um welchen der sichtbare oder scheinbare Horizont unter die Richtung einer Weingeistlibelle deprimirt erscheint, und diesen Winkel nennt

*) Siehe die Beschreibung desselben in Cap. II.
**) Siehe die Beschreibung dieses Instruments im II. Cap.

man die Depression des Horizontes. Sie ist in der nautischen Astronomie eine beständig in Anwendung zu bringende Correction.

25) Aus den vorhin gegebenen Erläuterungen ergiebt sich 1), daß die allgemeine Gestalt der Erde (so weit sie sich aus dieser Art der Beobachtung auffassen läßt) diejenige einer Kugel ist. Dabei ist auch die Gestalt des Meeres mit eingeschlossen, welches, so weit es sich ausbreitet, die Unebenheiten und örtlichen Unregelmäßigkeiten, die auf dem Lande stattfinden, bedeckt und ausfüllt; letztere können jedoch nur als geringfügige Abweichungen vom allgemeinen Umrisse der ganzen Masse betrachtet werden, so wie wir eine Orange, trotz der Unebenheiten ihrer Schale, dennoch als rund betrachten. 2) Daß die Grenzlinie des sichtbaren Horizontes, oder des Meerhorizontes, eine Folge der Krümmung der Erdoberfläche ist, und nicht von der Unfähigkeit des Auges, Gegenstände auf eine größere Entfernung zu verfolgen, oder von atmosphärischer Undeutlichkeit herrührt. Es wird der Mühe werth seyn, den auf diese Weise erlangten allgemeinen Begriff in einigen seiner Folgerungen näher zu beleuchten, woraus sich ergeben wird, daß er sich mit Beobachtungen anderer Art, und nach einem größern Maaßstabe angestellt, verträgt, und daß wir dadurch eine klare Vorstellung der Art und Weise erlangen, wie sich die Theile der Erde zu einander verhalten, und als ein Ganzes zusammengehalten werden.

26) Wer nur einige Zeit auf der See gewesen ist, weiß recht gut, daß man Gegenstände jenseits des Meerhorizontes, oder des scheinbaren Horizontes, ganz deutlich erkennen kann, jedoch nicht das Ganze derselben, sondern nur die oberen Theile. Ihre Vasen, auf welchen sie ruhen, und die sich über das Wasser erheben, werden dem Auge durch die sphärische Oberfläche des Meeres verdeckt, welche zwischen ihnen und uns sich erhebt. Wir wollen z. B. annehmen, es segle ein Schiff direct von unserm Standpunkte ab; — anfangs, wo die Entfernung des Schiffes klein ist, wird ein Beobachter S, der seinen Standpunkt in einer gewissen

Höhe über dem Meeresspiegel hat, das ganze Schiff sehen, selbst bis zum Wasserspiegel, wie bei A (Fig. 2.), wo es auf der See ruht. Wenn es sich entfernt, so nimmt es allerdings an scheinbarer Größe ab, aber noch immer sieht man das Ganze bis hinab zum Wasserspiegel, bis es endlich den scheinbaren Horizont bei B erreicht. Sobald es aber über diese Entfernung hinaus ist, nimmt nicht allein der sichtbare Theil an scheinbarer Größe immer mehr ab, sondern der Rumpf beginnt gänzlich zu verschwinden, als ob er unter die Meeresfläche gesunken sey.

Nachdem es eine gewisse Entfernung, wie bei C, erreicht hat, ist sein Rumpf gänzlich verschwunden, und nur die Maste und Segel sind noch sichtbar, indem sie die Erscheinung c darbieten. Aber wenn der Beobachter bei dieser Lage der Dinge rasch einen höhern Standort T ersteigt, dessen scheinbarer Horizont bei D ist, so bekommt er den Rumpf abermal zu Gesicht, und verliert ihn aus dem Gesichte, wenn er von diesem Standorte wieder herabsteigt. Indem sich das Schiff immer weiter entfernt, scheinen die untern Segel, wie bei d, unter das Wasser zu sinken, und endlich verschwindet das ganze Schiff, während doch die Deutlichkeit, mit welcher die letzte Portion des Segels d gesehen wird, von der Art ist, um uns die Ueberzeugung zu geben, daß, läge nicht das Segment des Meeres A B C D E dazwischen, die Entfernung T E keineswegs so groß sey, um eine gleich vollkommene Ansicht des Ganzen zu verhindern.

27) Könnten wir deshalb die Höhen und die Entfernung zweier Standpunkte genau messen, die über dem Rande des Horizontes eben noch gegenseitig zu erkennen sind, so könnten wir auf diese Weise die wirkliche Größe der Erde selbst bestimmen; und dieses wäre in der That ein ziemlich gutes Verfahren, die Größe der Erdkugel auszumitteln, wenn wir nicht die Wirkung der Strahlenbrechung hätten, durch welche wir im Stande sind, in geringem Grade über das zwischenliegende Segment hinaus zu sehen (wie nachher erklärt werden soll.) Wir wollen A und B (Fig. 3.) als zwei hohe

Standpunkte annehmen, deren senkrechte Höhen Aa und Bb (die wir der Einfachheit halber als einander ganz gleich annehmen wollen) bekannt sind, und eben so auch durch Messung ihr horizontaler Zwischenraum aDb, so liegt es auf der Hand, daß D, der scheinbare Horizont beider, gerade halben Weges zwischen ihnen zu liegen kommt; und betrachten wir aDb als die Erdkugel und C als den Mittelpunkt derselben, so kennen wir in der Figur CDbB, erstlich Db, die Länge des Kreisbogens zwischen D und b (nämlich die Hälfte des gemessenen Zwischenraumes), und ferner bB, den Ueberschuß seiner Secante über seinen Radius (was die Höhe von B ist): Angaben, welche durch die Lösung eines leichten geometrischen Problems uns in den Stand setzen, die Länge des Radius DC zu finden. Wenn wir, wie es wirklich der Fall ist, beide Höhen, so wie die Entfernung der Standpunkte, für unbeträchtlich im Vergleiche zur Größe der Erde halten, so ist die erwähnte Auflösung im folgenden Satze enthalten: —

Der Durchmesser der Erde verhält sich zur Entfernung des scheinbaren Horizontes vom Auge eben so, wie diese Entfernung zur Höhe des Auges über dem Meeresspiegel.

Wenn die Standpunkte von ungleicher Höhe sind, so wird das Problem etwas verwickelter.

28) Obgleich dieses, wie bemerkt worden ist, wegen der Wirkung der Strahlenbrechung, kein genaues Verfahren ist, die Dimensionen der Erde auszumitteln, so ist es doch ausreichend, eine solche Annäherung zu gewähren, die für den gegenwärtigen Stand der Kenntnisse des Lesers brauchbar ist, und ihm zu manchen richtigen Vorstellungen verhilft, weßhalb wir die Anwendung desselben durch Zahlen erläutern wollen. Nun ergiebt sich durch Beobachtung, daß zwei Punkte, von denen jeder zehn Fuß über die Oberfläche ragt, aufhören, über ruhigem Wasser und bei mittleren atmosphärischen Zuständen, gegenseitig sichtbar zu seyn in einer Entfernung von etwa acht (englischen) Meilen. Aber zehn Fuß machen den 528sten Theil einer Meile, so daß ihre halbe Entfernung, oder 4 Meilen, sich zur

Höhe eines jeden wie 4 × 528 oder 2112 zu 1 verhält, und deshalb steht die Länge des Erddurchmessers in demselben Verhältnisse zu 4 Meilen. Er muß deshalb gleich seyn 4 × 2112 = 8448 oder in runden Zahlen ungefähr 8000 Meilen, was sich von der Wahrheit nicht sehr weit entfernt.

29) Dieses ist das erste rohe Ergebniß eines Versuches, die Größe der Erde zu bestimmen; und es wird nicht übel seyn, wenn wir es benutzen, um es mit Gegenständen zu vergleichen, die wir gewohnt gewesen sind, als ungeheuer groß zu betrachten, indem wir dadurch einige Stufen zwischen dieses Resultat und unsere gewöhnlichen Begriffe von Dimension bringen. Wir haben früher die Unebenheiten, welche Berge, Thäler, Gebäude u. s. w. auf der Erdoberfläche bilden, mit den Unebenheiten auf der Rinde einer Orange, im Verhältnisse zu ihrer ganzen Masse, verglichen. Diese Vergleichung ist ganz frei von Uebertreibung. Der höchste bekannte Berg hat nicht über 5 Meilen senkrechte Höhe, und dieses ist nur der 1600ste Theil des Erddurchmessers: folglich würde auf einer Kugel von 16 Zoll Durchmesser ein solcher Berg dargestellt werden müssen durch eine Hervorragung von nicht mehr, als $^1/_{100}$ Zoll, was ungefähr die Stärke des gewöhnlichen Zeichenpapieres zu seyn pflegt. Da nun kein ganzes Festland, oder auch nur ein ausgedehnter Landstrich bekannt ist, dessen allgemeine Elevation über dem Meeresspiegel der Hälfte dieser Quantität nahe kommt, so folgt daraus, daß, wenn wir ein richtiges Modell unserer Erde mit ihren Meeren, Festländern und Bergen auf einer Kugel von 16 Zoll Durchmesser construiren wollen, das ganze Land, mit Ausnahme einiger vorragender Gipfel und Bergrücken, innerhalb der Dicke von dünnem Schreibpapier seine Grenzen finden müßte, und daß die höchsten Berge durch die kleinsten sichtbaren Sandkörner dargestellt werden würden.

30) Das tiefste uns bekannte Bergwerk ist noch nicht eine halbe Meile unter die Oberfläche der Erde gedrungen, und ein Rißchen, oder ein Nadelstich, welcher es auf der Oberfläche einer solchen Kugel, wie

unser Modell, richtig darstellen wollte, würde ohne ein Vergrößerungsglas unbemerkbar bleiben.

31) Die größte Tiefe des Meeres dürfte die größte Höhe der Festländer nicht sehr übertreffen, und müßte folglich durch eine Vertiefung in der Substanz der Kugel von etwa demselben Verhältnisse dargestellt werden, so daß der Ocean bloß als ein flüssiges Häutchen gedacht werden muß, wie es etwa ein in Farbe getauchter Pinsel, der über diejenigen Theile bewegt wird, welche das Meer darstellen sollen, auf unserm Modell zurücklassen würde. Nur dürfen wir nicht vergessen, daß die Aehnlichkeit, wenn wir den Gegenstand so auffassen, sich nicht weiter erstreckt, als auf das quantitative Verhältniß. Die mechanischen Gesetze, welche die Vertheilung und die Bewegungen eines solchen Häutchens, so wie seine Adhäsion an der Oberfläche, reguliren, sind ganz verschieden von denen, von welchen die Erscheinungen des Meeres abhängig sind.

32) Die größte Ausbreitung der Erdoberfläche endlich, welche je ein menschliches Auge überblickt hat, war diejenige, welche dem Gesichtskreise der Herren Biot und Gay Lussac bei ihrer berühmten Luftfahrt bis zu der enormen Höhe von 25,000 Fuß, oder etwas weniger als 5 Meilen, aufgeschlossen war. Um das Verhältniß des aus dieser Höhe sichtbaren Areales zur ganzen Oberfläche der Erde zu veranschlagen, müssen wir zur sphärischen Geometrie unsere Zuflucht nehmen, die uns lehrt, daß die convexe Oberfläche eines Kugelsegmentes zur ganzen Oberfläche der Kugel, welcher es angehört, sich verhält, wie der sinus versus, oder die Dicke des Segmentes, zum Durchmesser der Kugel; und ferner, daß diese Dicke in dem vorliegenden Falle fast genau der senkrechten Höhe des Gesichtspunktes über der Oberfläche gleich ist. Das Verhältniß des sichtbaren Areales zur ganzen Oberfläche der Erde ist deßhalb in diesem Falle wie 5 Meilen zu 8000, oder wie 1 zu 1600. Die vom Aetna, Pik von Teneriffa, oder dem Mowna Roa sichtbare Portion der Erdoberfläche beträgt ungefähr $^1/_{4000}$.

33) Wenn wir in einem Luftballon, oder an einem Gebirge, eine sehr beträchtliche Höhe über der Oberfläche der Erde ersteigen, so machen wir durch mancherlei unbehagliche Empfindungen die Entdeckung, daß es an einem hinlänglichen Vorrathe von Luft fehlt. Das Barometer, ein Instrument, welches uns die Last der auf einer gegebenen horizontalen Oberfläche aufliegenden Luft kennen lehrt, bestätigt diese Entdeckung, und gewährt ein directes Maas des Verhältnisses der Abnahme der Quantität Luft, welche ein gegebener Raum in irgend einer Entfernung von der Erdoberfläche umfaßt. Aus den Anzeigen dieses Instrumentes erfahren wir, daß, nachdem wir eine Höhe von 1000 Fuß erstiegen haben, ungefähr der dreißigste Theil der ganzen Masse der Atmosphäre unter uns liegt; daß wir bei 10600 Fuß senkrechter Höhe (was noch etwas weniger als der Gipfel des Aetna*) ist) etwa den dritten Theil der Atmosphäre, und bei 18000 Fuß (was ziemlich die Höhe des Cotopaxi ist) die Hälfte derselben, oder wenigstens der auf die Erdoberfläche drückenden Luftmasse, unter uns haben. Aus der Progression dieser Zahlen, wie auch a priori aus der Natur der Luft selbst, die zusammendrückbar ist, d. h. sich verdichten, oder im Verhältniße des angewendeten Druckes in einen kleinern Raum einschließen läßt, kann man leicht abnehmen, daß, wenn gleich wir bei höherem Emporsteigen immer mehr und mehr Luft unter uns lassen, und von dem Drucke, den dieselbe auf uns ausübt, immer freier werden, dennoch der Betrag dieser fortschreitenden Erleichterung, oder der zurückgelassenen wägbaren Luftquantität, keineswegs zu den erreichten Höhen in stets gleichem Verhältnisse bleibt, sondern beständig abnimmt. Eine leichte Berechnung, die sich auf unsere aus der Erfahrung geschöpfte Kenntniß der Ei-

*) Die Höhe des Aetna über dem mittelländischen Meere beträgt nach den barometrischen Messungen, die ich im Juli 1824 unter sehr günstigen Umständen angestellt habe, 10872 englische Fuß. Der Verfasser.

genschaften der Luft, und auf die mechanischen Gesetze gründet, nach welchen sie ausgedehnt und comprimirt wird, kann indessen zur Genüge zeigen, daß bei einer Höhe über der Erdoberfläche, welche noch nicht den hundertsten Theil ihres Durchmessers übersteigt, die Verdünnung der Luft so außerordentlich seyn müsse, daß nicht nur weder thierisches Leben in derselben subsistiren, noch die Verbrennung unterhalten werden kann, sondern daß auch die empfindlichsten Mittel, die wir besitzen, um die Existenz von etwas Luft überhaupt auszumitteln, nicht im Stande seyn können, die geringsten merkbaren Anzeichen ihrer Anwesenheit zu geben.

34) Wenn wir deshalb für jetzt alle spitzfindigen Fragen über die wahrscheinliche Existenz einer bestimmten Grenze der Atmosphäre, jenseits welcher, absolut und streng genommen, keine Luft vorhanden ist, ganz bei Seite setzen, so ergibt sich von selbst, daß wir diejenigen Regionen, welche von der Erdoberfläche über den hundertsten Theil ihres Durchmessers entfernt sind, für alle praktischen Zwecke als luftleer, und folglich als frei von Wolken, betrachten können, die weiter nichts, als sichtbare, in der Luft verbreitete und schwimmende und von derselben getragene Dünste sind, welche die Luft so trübe machen, wie der Schlamm das Wasser. Aus manchen Indicationen scheint sich mit Wahrscheinlichkeit zu ergeben, daß die größte Höhe, in welcher sichtbare Wolken jemals existiren, nicht über 10 Meilen beträgt; und in dieser Höhe besitzt die Luft ungefähr den achten Theil der Dichtigkeit, die sie am Meeresspiegel hat.

35) Wir sind auf diese Weise veranlaßt worden, die Atmosphäre sammt den Wolken, welche sie trägt, als eine Hülle von gleicher oder ziemlich gleicher Dicke zu betrachten, von der unsere Erde auf allen Seiten umgeben wird, oder vielmehr als einen Luftocean, dessen Bette die Oberfläche des Meeres und des Landes bildet, und dessen untere Theile oder Schichten, bis auf einige Meilen von der Erde entfernt, bei weitem den größern Theil der ganzen Masse enthalten, so daß die Dichtigkeit außerordentlich rasch abnimmt, jemehr

man sich von der Erdoberfläche entfernt, bis endlich in einer sehr mäßigen Entfernung (die auf dem früher erwähnten Modell durch $\frac{1}{6}$ Zoll ausgedrückt werden müßte, und die sich zur Erdkugel etwa verhält, wie die mit zartem Flaum besetzte Haut einer Pfirsche zur Frucht, welche sie umkleidet) alle merkbare Spur von der Anwesenheit der Luft verschwindet.

36) Es fehlt indessen nicht an Argumenten, um es, wenn auch nicht absolut gewiß, doch wenigstens in sehr hohem Grade wahrscheinlich zu machen, daß die Oberfläche des Luftoceans, gleich derjenigen des Wasseroceanes, eine wirkliche und bestimmte Grenze habe, wie oben angedeutet worden ist, jenseits welcher positiv keine Luft sich befindet, und über welcher eine frische Quantität Luft, wenn sie von außen zugetragen, oder von unten emporgeführt werden könnte, statt sich ins Unendliche nach oben auszudehnen, nach einer gewissen, ganz außerordentlichen, aber immer bestimmten Ausbreitung ihres Volumens, wieder zurücksinken und untertauchen würde, wie in's Meer gegossenes Wasser, um sich alsdann unter die untere Masse zu vertheilen. Mit der Wahrheit dieser Folgerung hat indessen die Astronomie wenig zu schaffen, denn alle Wirkungen der Atmosphäre auf Modification der astronomischen Erscheinungen bleiben sich gleich, man mag dieselbe von bestimmter oder unbestimmter Ausdehnung annehmen.

37) Außerdem ist es, welche Ansicht wir auch von der Extension der Atmosphäre haben mögen, eben so gewiß, daß innerhalb derjenigen Grenzen, wo sie eine merkbare Dichtigkeit besitzt, ihre Beschaffenheit über allen Punkten der Erdoberfläche sich gleich bleibe, d. h. nämlich im Großen, und wenn man temporäre und örtliche Ursachen der Störung, wie z. B. Winde und große Schwankungen von der Natur der Wogen, welche in derselben in unermeßlicher Ausdehnung herrschend sind, ganz unberücksichtigt läßt; also mit andern Worten, daß das Gesetz der Abnahme der Dichtigkeit der Luft, je weiter wir uns vom Meeresspiegel entfernen, in jeder Luftsäule, in welche wir uns die Luft eingetheilt denken können, oder von jedem Punkte der

Oberfläche aus, sich gleich bleibt. Man kann sich deshalb die Luft als aus mehreren über einander gelagerten Schichten bestehend denken, von denen jede die Gestalt einer sphärischen Hülse besitzt, und mit der allgemeinen Oberfläche von Meer und Land concentrisch ist, und von denen jede auch verdünnter, oder specifisch leichter, als die unmittelbar vorhergehende, und dichter, oder specifisch schwerer, als die unmittelbar nachfolgende ist. Diese Art der Vertheilung der wägbaren Luftmasse ist eine nothwendige Folge der Gesetze des Gleichgewichtes der Flüssigkeiten, und die Resultate dieser Gesetze stehen, wie sich aus barometrischen Beobachtungen ergiebt, in vollkommenem Einklange mit der Erfahrung.

Es muß indessen bemerkt werden, daß mit dieser Vertheilung der atmosphärischen Schichten die Unebenheiten von Bergen und Thälern nichts zu thun haben. Diese haben nicht mehr Einfluß auf Modification der allgemeinen sphärischen Gestalt der Atmosphäre, als die Unebenheiten auf dem Grunde des Meeres den allgemeinen sphärischen Character seiner Oberfläche aufheben.

38) Die Eigenschaft, welche die Luft gemeinschaftlich mit allen durchsichtigen Mitteln besitzt, die Lichtstrahlen zu brechen, oder sie von ihrer geraden Richtung abzulenken, macht eine nähere Kenntniß der Beschaffenheit der Atmosphäre für den Astronomen wichtig. Vermöge dieser Eigenschaft erscheinen Gegenstände, welche man in schräger Richtung durch die Atmosphäre erblickt, an einer andern Stelle, als sie derselbe Beobachter sehen würde, wenn keine Atmosphäre vorhanden wäre. Sie erzeugt also in unserm Geiste, in Bezug auf die Orte, der einzelnen Gegenstände, einen falschen Eindruck, der auf die Weise berichtigt werden muß, daß man den Betrag und die Richtung der so scheinbar bewirkten Versetzung eines jeden ausmittelt, ehe man eine Kenntniß der wahren Richtungen erlangen kann, in welchen sie von uns aus in irgend einem bezeichneten Momente sich befinden müssen.

39) Angenommen, ein Beobachter stehe in A, (Fig. 4.) einem Punkte der Erdoberfläche KAk, und Ll, Mm,

Nn stellen die successiven Schichten oder Lagen von abnehmender Dichtigkeit dar, in die wir uns die Atmosphäre getheilt denken wollen, und welche sphärische Oberflächen bilden, die mit K k, der Erdoberfläche, concentrisch sind. S sey ein Stern, oder ein anderer Himmelskörper jenseits der äußersten Grenze der Atmosphäre. Wäre nun keine Luft vorhanden, so würde der Beobachter den Stern in der Richtung der geraden Linie A S sehen. Wenn aber in der Wirklichkeit der Lichtstrahl S A die Atmosphäre erreicht, z. B. bei d, so wird er, den Gesetzen der Optik zufolge, sich niederwärts zu krümmen beginnen, und eine geneigtere Richtung d c annehmen. Diese Krümmung wird anfangs, wegen der außerordentlichen Verdünnung der obersten Schichten, unmerklich seyn; je mehr sich aber der Strahl der Erde nähert, desto größer wird die Brechung desselben in der nämlichen Richtung werden, indem die Luftschichten beständig an Dichtigkeit zunehmen; und so wird er, statt die gerade Linie S d A zu verfolgen, eine Curve S d c b a beschreiben, die nach unten hin immer concaver wird, und er wird die Erde nicht bei A, sondern bei einem gewissen, S näher liegenden Punkt a erreichen. Dieser Strahl erreicht folglich nicht das Auge des Beobachters. Der Strahl, durch welchen er den Stern sieht, ist deshalb nicht S d A, sondern ein anderer Strahl, welcher, wenn keine Atmosphäre vorhanden wäre, die Erde bei K einem Punkte hinter dem Beobachter, erreicht haben würde, der aber, von der Luft zur Curve S D C B A gekrümmt, die Erde wirklich bei A erreicht. Nun ist es ein Gesetz der Optik, daß ein Gegenstand in der Richtung erblickt wird, welche der Sehstrahl in dem Augenblicke besitzt, wo er das Auge erreicht, ohne Rücksicht, von welcher Beschaffenheit sein Weg zwischen dem Gegenstande und dem Auge sonst noch gewesen seyn möge. Der Stern S wird folglich nicht in der Richtung A S, sondern in der Richtung A s, einer Tangente der Curve S D C B A bei A, erblickt. Aber weil die von dem gebrochenen Strahle beschriebene Curve unten concav ist, so liegt die Tangente A s über A S, dem unge-

brochenen Strahle, und der Himmelskörper S muß folglich höher über dem Horizonte AH, durch die brechende Atmosphäre erblickt, erscheinen, als er uns ohne eine solche Atmosphäre erscheinen würde. Da indessen die Anordnung der Luftschichten in allen Richtungen um A dieselbe ist, so wird der Sehstrahl nicht seitwärts abweichen, sondern beständig in derselben vertikalen Ebene SAC bleiben, welche man durch das Auge des Beobachters, den Himmelskörper und den Mittelpunkt der Erde legen kann.

40) Die Wirkung der Refraction der Luft besteht also darin, alle Himmelskörper höher über dem Horizonte erscheinen zu lassen, als sie wirklich stehen. Ein solcher Himmelskörper, der wirklich gerade im Horizonte steht, wird über demselben erscheinen, oder eine gewisse scheinbare Höhe haben (wie man es zu nennen pflegt). Ja selbst manche von denen, die sich wirklich unter dem Horizonte befinden, und deshalb, ohne die Wirkung der Strahlenbrechung, unsichtbar seyn würden, werden durch sie über den Horizont gehoben und sichtbar gemacht. Die Sonne z. B., wenn sie bei P unter dem eigentlichen Horizonte AH des Beobachters steht, wird ihm sichtbar, als wenn sie bei p stände, und zwar durch den gebrochenen Strahl PqrtA, von welchem Ap die Tangente ist.

41) Die genaue Bestimmung des Betrages der atmosphärischen Strahlenbrechung, oder die scharfe Bestimmung des Winkels SAs, um welchen ein Himmelskörper in irgend einer gegebenen Höhe HAS über seinem wahren Orte erscheint, ist leider ein sehr schwieriger Gegenstand physischer Forschung, über welchen sich die Geometer, von denen allein einige Auskunft über diesen Punkt zu erwarten ist, noch nicht gänzlich vereinigt haben. Die Schwierigkeit rührt daher, daß die Dichtigkeit einer Luftschichte (wovon ihre Strahlenberechungsfähigkeit abhängt) nicht blos auf dem Drucke der darüber liegenden Masse, sondern auch auf ihrer Temperatur, oder dem Grade ihrer Wärme, beruht. Obgleich wir nun wissen, daß die Temperatur der Luft beständig abnimmt, je weiter wir uns von der

Oberfläche der Erde entfernen, so ist doch das Gesetz oder der Betrag dieser Abnahme in verschiedenen Höhen noch nicht vollständig ausgemittelt. Außerdem wird die Refractionskraft der Luft merklich afficirt durch ihre Feuchtigkeit; und auch diese ist sich nicht in jedem Theile einer Luftsäule gleich, auch sind wir nicht mit den Gesetzen der Vertheilung der Feuchtigkeit bekannt. Die Folge unserer Unwissenheit in diesen Punkten ist ein entsprechender Grad von Unsicherheit in der Bestimmung des Betrages der Refraction, welche auf unsere Kenntniß mehrerer der wichtigsten Data der Astronomie, bis zu einem gewissen merklichen Umfang, ihren Einfluß verbreitet. Die daraus hervorgehende Ungewißheit ist indessen in so äußerst enge Grenzen eingeschlossen, daß sie für uns keine Ursache der Verlegenheit wird, außer etwa in den allerfeinsten Untersuchungen, und daß sie in einem Werke, wie das gegenwärtige, keiner weitern Erwähnung bedarf.

42) Eine Refractionstafel, wie man sie zu nennen pflegt, oder eine Angabe des Betrages der scheinbaren, aus dieser Ursache entspringenden, Ortsveränderung, für alle Höhen, oder für jeden Stand eines Himmelskörpers vom Horizonte bis zum Zenith *) d. h. demjenigen Punkte des Himmels, der vertikal über dem Beobachter liegt, und für alle die Umstände, unter welchen astronomische Beobachtungen gewöhnlich angestellt werden, und welche auf das Resultat Einfluß haben, — ist eine der wichtigsten und unentbehrlichsten astronomischen Tafeln; denn nur mittelst einer solchen Tafel sind wir im Stande, eine Täuschung zu beseitigen, die sonst alle unsere Begriffe von den Bewegungen der Himmelskörper verwirren müßte. Dergleichen Tafeln sind deshalb mit großer Sorgfalt entworfen worden, und finden sich in jeder Sammlung astronomischer Tafeln. **) Unser Zweck bei dem gegenwärtigen Werke

*) Von einem arabischen Worte dieser Bedeutung.

**) Siehe die „Requisite Tables to be used with the Nautical Almanac." Ferner auch Nautical Almanac for 1833; Dr. Pearson's Astronomical Tables, und Mr. Baily's Astronomical Tables and Formulae.

gestattet nicht die Einführung von Tafeln, und wir müßen uns deshalb hier und in ähnlichen Fällen begnügen, den Leser auf Werke zu verweisen, welche eigends dazu bestimmt sind, diese nützliche Hülfe für die Rechnung zu gewähren. Es ist indessen zu wünschen, daß der Leser folgende allgemeine Begriffe über den Betrag der Strahlenbrechung und das Gesetz der Veränderung derselben im Gedächtnisse behalte.

43) 1. Im Zenith findet keine Strahlenbrechung statt; ein Himmelskörper, welcher senkrecht über unserm Scheitel steht, wird, als ob keine Atmosphäre vorhanden wäre, in seiner wahren Richtung erblickt.

2. Vom Zenith bis zum Horizonte herab nimmt die Strahlenbrechung beständig zu; Himmelskörper am Horizonte erscheinen in Folge der Strahlenbrechung höher über ihrem eigentlichen Orte, als diejenigen, die in großer Höhe über dem Horizonte stehen.

3. Das Verhältniß der Zunahme der Strahlenbrechung ist ziemlich nahe der Tangente des scheinbaren Winkelabstandes des Himmelskörpers vom Zenith proportional. Aber diese Regel, die bei mäßigen Zenithabständen nicht sehr von der Wahrheit abweicht, hört in der Nähe des Horizontes, wo das Gesetz der Zunahme in seinem Ausdrucke viel complicirter wird, auf, richtige Resultate zu geben.

4. Der mittlere Betrag der Refraction für einen Himmelskörper gerade in der Mitte zwischen Zenith und Horizont, oder in einer scheinbaren Höhe von 45°, ist ungefähr 1′ (genauer 57″), eine Quantität, welche fürs unbewaffnete Auge kaum bemerkbar ist; aber am scheinbaren Horizonte beträgt sie nicht weniger, als 33′, was etwas mehr, als der größte scheinbare Durchmesser der Sonne, oder des Mondes ist. Daraus folgt, daß, wenn wir den untern Rand der Sonne, oder des Mondes scheinbar gerade auf dem Horizonte ruhend erblicken, die ganze Scheibe wirklich unter demselben sich befindet, und ganz außer unserm Gesichtskreise liegen, und durch die Convexität der Erde, ohne die Beugung, welche die Lichtstrahlen um letztere herum auf

ihrem Wege durch die Luft erfahren (wie Art. 40. erwähnt worden ist), verborgen seyn würde.

44) Es folgt daraus, daß eine offenbare Wirkung der Strahlenbrechung darin bestehen muß, die Dauer der Nacht und der Dunkelheit, durch wirkliche Verlängerung des Standes von Sonne und Mond über dem Horizonte, abzukürzen. Aber selbst, nachdem sie untergegangen sind, dauert die Wirkung der Atmosphäre, uns einen Theil ihres Lichtes zu senden, noch fort. Sie sendet uns dasselbe zwar nicht auf geradem Wege, sondern durch Zurückwerfung von den Dünsten und kleinen festen Theilchen, welche in denselben schwimmen, und vielleicht auch durch Zurückwerfung von den eigentlichen Massentheilchen der Luft selbst. Um zu begreifen, wie dieses zugehe, müssen wir uns erinnern, daß wir nicht allein durch das directe Licht eines leuchtenden Körpers sehen, sondern daß jeder Theil seines Lichtes, welcher nicht auf diese Weise unsere Augen erreicht, auf seinem Wege von allerhand Hindernissen aufgefangen, und zurück oder von der Seite her auf uns geworfen wird, wodurch er ebenfalls ein Mittel der Beleuchtung wird. Dergleichen zurückwerfende Hindernisse schwimmen nun beständig in der Luft. Der ganze Weg eines durch die Spalte eines Fensterladens in ein dunkles Zimmer dringenden Sonnenstrahles ist als eine helle Linie in der Luft sichtbar; und selbst wenn er unterdrückt oder durch einen gegenüberliegenden Spalt wieder hinausgelassen wird, so ist doch das durch diese Quelle verbreitete Licht hinreichend, um gänzliche Dunkelheit in dem Zimmer zu verhindern. Die hellen Linien, welche man zuweilen bei einem mit theilweise zerrissenen Wolken bedeckten Himmel in der Luft wahrnimmt, welche Erscheinung man gewöhnlich mit dem Ausdrucke zu bezeichnen pflegt, „die Sonne zieht Wasser", haben eine ähnliche Ursache. Es sind Sonnenstrahlen, welche ihren Weg durch Oeffnungen in den Wolken nehmen, und von dem Staub und den Dünsten der tiefern Luft aufgefangen und zurückgeworfen werden. So verhält es sich auch mit denjenigen Sonnenstrahlen, welche, nachdem die Sonne durch die Convexität der Erde ver-

borgen ist, ihren Weg fortwährend durch die höhern Regionen der Atmosphäre über unserm Scheitel nehmen, ohne die Erde im Geringsten direct zu berühren. Ein Theil derselben wird aufgefangen, von den oben erwähnten schwimmenden Theilchen reflectirt und zurück oder von der Seite her auf uns geworfen, so daß er auf diese Art uns erreicht, und uns jene secundäre Beleuchtung gewährt, welche wir Dämmerung nennen.

Der Weg solcher Strahlen wird aus Fig. 5 ganz deutlich werden, in welcher ABCD die Erde, A ein Punkt auf deren Oberfläche ist, wo die Sonne S eben untergeht; ihr letzter tiefer Strahl SAM streift gerade die Oberfläche bei A, während ihre oberen Strahlen SN, SO durch die Atmosphäre über A, ohne die Erde zu berühren, ihren Weg nehmen, und die Atmosphäre endlich an den Punkten P, Q, R verlassen, nachdem sie bei ihrem Durchgange mehr oder weniger gekrümmt worden sind, der untere am meisten, der höhere am wenigsten, und derjenige SRO, welcher blos die äußere Grenze der Atmosphäre streift, nicht im Geringsten. Wir wollen mehrere Punkte A, B, C, D annehmen, von denen der folgende immer weiter als der vorhergehende von A entfernt ist, und jeder tiefer im Erdschatten liegt, welcher den ganzen Raum von A unter der Linie AM einnimmt. Nun empfängt A eben den letzten directen Strahl der Sonne, und ist außerdem von der ganzen reflectirenden Atmosphäre PQRT beleuchtet. Der Punkt A empfängt deshalb Dämmerung vom ganzen Himmelsgewölbe. Der Punkt B, für welchen die Sonne untergegangen ist, empfängt kein directes Sonnenlicht, eben so wenig directes, oder reflectirtes von demjenigen ganzen Theile seiner sichtbaren Atmosphäre, welcher unter APM liegt; aber von der linsenförmigen Portion PRx, durch welche die Sonnenstrahlen ihren Weg nehmen, und welche über dem scheinbaren Horizonte BR des Punktes B liegt, empfängt letzterer Dämmerungslicht, welches am stärksten bei R, nämlich dem Punkte ist, unter welchem sich unmittelbar die Sonne befindet, und welches allmählig gegen P hin schwindet, da der helle Theil der Atmosphäre immer

schwächer wird. Bei C liegt nur die letzte, oder schwächste Portion P Q z des auf diese Weise beleuchteten linsenförmigen Segmentes über dem Horizonte C Q dieses Ortes. Hier ist folglich das Dämmerungslicht schwach, und auf einen kleinen Raum in und am Horizonte beschränkt, den die Sonne verlassen hat, während bei D die Dämmerung gänzlich aufgehört hat.

45) Wenn die Sonne über dem Horizonte steht, beleuchtet sie die Atmosphäre und die Wolken, und diese zerstreuen wiederum einen Theil ihres Lichtes nach allen Richtungen, so daß sie jedem exponirten Punkte von allen Stellen des Himmels aus einige Sonnenstrahlen zusenden. Das allgemein verbreitete Licht, dessen wir uns den Tag über erfreuen, ist deshalb eine Erscheinung, welche ganz aus denselben Ursachen, wie die Dämmerung, entspringt. Ohne die reflectirende und zerstreuende Kraft der Atmosphäre würde uns kein Gegenstand, der nicht im directen Sonnenschein läge, sichtbar seyn; jeder Schatten einer vorüberziehenden Wolke würde pechschwarze Finsterniß geben; die Sterne würden den ganzen Tag über sichtbar seyn, und jedes Zimmer, in welches die Sonne keinen directen Zutritt hätte, würde in nächtliche Dunkelheit eingehüllt seyn. Diese Zerstreuungskraft der Atmosphäre in Bezug auf das Sonnenlicht nimmt, wie bemerkt werden muß, sehr zu durch die Unregelmäßigkeit der Temperatur, welche dasselbe Licht in den verschiedenen Theilen der Atmosphäre erzeugt, wodurch diese Theile den Tag über in einen beständigen Zustand von Wellenbewegung versetzt werden; und indem dadurch Luftmassen von sehr ungleichen Temperaturen zusammengebracht werden, so entstehen partielle Strahlenzurückwerfungen und Strahlenbrechungen an den gemeinschaftlichen Grenzen dieser Massen. Dadurch wird aber viel Licht von seinem geraden Wege seitwärts abgelenkt, und für die Zwecke allgemeiner Beleuchtung zerstreut.

46) Aus der Erklärung, welche wir in den Art. 39. und 40, von der Natur der atmosphärischen Strahlenbrechung, und von der Art gegeben haben, wie sie bei dem Fortschritte eines Lichtstrahles durch successive

Schichten oder Lagen der Atmosphäre entsteht, ergiebt sich, daß, wenn ein Strahl schräg von einem höhern Punkte nach einem tiefern geht, oder umgekehrt, sein Lauf nicht geradelinig, sondern nach unten concav ist; und daß folglich jeder Gegenstand, den wir mittelst eines solchen Strahles sehen, von seinem wahren Platze verrückt erscheinen muß, mag nun dieser Gegenstand, gleich den Himmelskörpern, gänzlich jenseits der Atmosphäre liegen, oder mag er, gleich den aus den Ebenen erblickten Bergspitzen, oder gleich anderen irdischen Standpunkten von verschiedenen Höhen, deren einer von dem andern aus gesehen werden kann, in dieselbe eingehüllt seyn. Jeder Höhendifferenz, welche, wie dieses der Fall seyn muß, mit einer Differenz der Dichtigkeit in den Luftschichten verbunden ist, muß auch ein gewisser, dieser Differenz entsprechender, Betrag der Strahlenbrechung zukommen, und zwar ein geringerer, als die ganze Atmosphäre erzeugen würde, aber doch ein solcher, der häufig der Würdigung sehr fähig und selbst beträchtlich ist. Diese Strahlenbrechung zwischen terrestrischen Standpunkten heißt die terrestrische Strahlenbrechung, um sie von jenem Totaleffecte zu unterscheiden, der sich nur bei Himmelskörpern, oder bei solchen kund giebt, die jenseits der Atmosphäre liegen, und der unter dem Namen der himmlischen oder astronomischen Strahlenbrechung bekannt ist.

47) Eine andere Wirkung der Strahlenbrechung ist die, die sichtbaren Formen und Verhältnisse der dicht am Horizonte gesehenen Gegenstände zu verzerren. Die Sonne z. B., welche in einer beträchtlichen Höhe immer rund erscheint, nimmt, wenn sie sich dem Horizonte nähert, einen zusammengedrückten oder ovalen Umriß an; ihr horizontaler Durchmesser erscheint sichtbar größer, als der vertikale. Sehr nahe am Horizonte ist diese Zusammendrückung offenbar an der untern Seite beträchtlicher, als an der obern, so daß die scheinbare Gestalt der Sonne weder kreisförmig, noch elliptisch ist, sondern eine Art von Oval darbietet, welches von einem Kreise unten mehr abweicht, als oben. Diese sonderbare Wirkung, welche Jedermann bei einem schönen

Sonnenuntergange beobachten kann, entspringt aus der raschen Zunahme der Strahlenbrechung, während sich die Sonne dem Horizonte nähert. Würde jeder sichtbare Punkt im Umfange der Sonne gleichförmig durch die Strahlenbrechung gehoben, so würde die Sonne immer kreisförmig, obschon von ihrem wahren Orte versetzt, erscheinen. Da aber die unteren Theile mehr gehoben werden, als die obern, so wird der vertikale Durchmesser dadurch verkürzt, während die beiden Extremitäten ihres horizontalen Durchmessers auf gleiche Weise und in parallelen Richtungen gehoben werden, so daß seine scheinbare Länge dieselbe bleibt. Die (in der Regel) ausgedehnte Größe der Sonne, oder des Mondes, nahe am Horizonte, während sie hoch am Himmel kleiner erscheinen, hat mit der Strahlenbrechung nichts zu thun. Sie ist eine Täuschung des Urtheils, welche aus den zwischenliegenden, oder mit ihnen genau verglichenen, terrestrischen Gegenständen entspringt. In dieser Lage erblicken und beurtheilen wir Sonne und Mond, wie wir es bei terrestrischen Gegenständen zu thun gewohnt sind, nämlich stückweise, und mit einer angenommenen Gewohnheit, unsere Aufmerksamkeit auf Theile zu richten. In der Höhe haben wir keine solche Verbindungen, die uns leiten könnten, und ihr isolirter Stand am Firmamente trägt eher dazu bei, ihre scheinbaren Größen zu gering, als zu hoch zu schätzen. Wirkliche Messung mit einem geeigneten Instrumente verbessert unsern Irrthum, ohne indessen unsere Täuschung zu zerstreuen. Auf diese Weise erfahren wir, daß die Sonne, wenn sie gerade am Horizonte steht, in unsern Augen fast ganz genau denselben Winkel, der Mond aber einen beträchtlichen kleinern bildet, als wenn sie in großer Höhe am Himmel gesehen werden, was von der Wirkung der sogenannten Parallaxe herrührt, die sogleich erklärt werden soll.

48) Nach dem, was von der geringen Ausdehnung der Atmosphäre im Vergleiche zur Masse der Erde gesagt worden ist, stehen wir nicht im Geringsten an, anzunehmen, daß diejenigen leuchtenden Körper, welche den Himmel anfüllen und schmücken, und welche, wäh-

rend sie offenbar keinen Theil der Erde ausmachen und keine Stütze von ihr empfangen, doch nicht aufs Geradewohl, wie Wolken in der Luft, herumschwimmen, auch nicht von Winden in Bewegung gesetzt werden, außerhalb unserer Atmosphäre liegen. Als solche haben wir sie betrachtet, als wir von ihren Strahlenbrechungen sprachen; nämlich als Himmelskörper, welche im unermeßlichen Raume jenseits der Atmosphäre existiren, und vielleicht in enormen Entfernungen von uns und von einander, ungeachtet wir das Gegentheil zu bemerken glauben.

49) Könnte ein Beobachter, nicht von der Erde oder sonst einem festen Unterstützungspunkte getragen, existiren, so würde er mit einem einzigen Blick den ganzen Inhalt des Raumes — die sichtbaren Bestandtheile des Weltalls — rings um sich herumschauen, und bei dem Mangel jedes Mittels, ihre Entfernungen von sich zu beurtheilen, würde er sie in den Richtungen, in welchen er sie von seinem Stundpunkte aus sieht, an die concave Oberfläche einer imaginären Kugel versetzen, deren Mittelpunkt sein Auge ist, und deren Oberfläche in unbestimmter, unermeßlicher Entfernung liegt. Vielleicht würde er diejenigen Himmelskörper, die ihm groß und glänzend erscheinen, für näher halten, als die kleineren und weniger glänzenden; aber, unabhängig von anderen Mitteln der Beurtheilung, würde er nicht mehr Gewährleistung für seine Meinung haben, als für die Vorstellung, daß sie alle gleichweit von ihm abstehen, und wirklich an einer solchen sphärischen Oberfläche ihre Standorte haben. Es würde jedoch nichts Unrichtiges darin enthalten seyn, wenn er ihre Orte, geometrisch gesprochen, an diejenigen Punkte einer solchen rein eingebildeten Kugel versetzte, welche ihre respectiven Sehstrahlen treffen; und es würde sogar damit großer Vortheil verbunden seyn, weil dadurch die Erscheinung und der relative Stand derselben genau gemessen, angemerkt und verzeichnet werden könnte. Die Gegenstände in einer Landschaft befinden sich in allen möglichen Entfernungen vom Auge, und dennoch tragen wir sie, nach ihren gerade stattfindenden schein-

baren Verhältnissen, in einem Gemälde auf einerlei Ebene und in einerlei Entfernung auf, und das Bild wird nicht für unrichtig gehalten, wenn auch ein Mann im Vordergrunde größer, als ein Berg in der Entfernung, dargestellt seyn sollte. So verhält es sich auch, wenn ein Beobachter die Himmelskörper als auf diejenige eingebildete Sphäre gemahlt, projicirt oder eingezeichnet ansieht, welche wir den Himmel oder das Firmament nennen. Auf diese Weise läßt sich leicht begreifen, daß der Mond, welcher uns so groß, wie die Sonne, erscheint, obschon nicht so glänzend, diese scheinbare Gleichheit der Größe seiner größern Nähe verdanken, und doch in der That weit kleiner sein könne, während ebenfalls sowohl der Mond als die Sonne nur deshalb größer und glänzender erscheinen mögen als die Sterne, weil letztere entfernter seyn können.

50) Ein Beobachter auf der Oberfläche der Erde wird durch die große Masse, auf welcher er steht, verhindert, den ganzen Theil des unter ihm liegenden Raumes zu sehen, oder um denselben zu sehen, muß er in irgend einem Grade niederwärts blicken können. Wenn er seinen Standort in einer großen Höhe wählt, so kann er zwar, vermöge der Depression des Horizontes, etwas mehr, als eine Halbkugel, übersehen, und die Strahlenbrechung wird ihn, wo er auch seinen Standort gewählt haben mag, in den Stand setzen, so zu sagen, ein wenig um die Ecke herumzusehen; aber die Zone, um welche auf diese Weise sein Gesichtskreis vergrößert wird, kann kaum jemals, ausgenommen unter ganz außerordentlichen Umständen *) ein Paar Grade

*) Wie der folgende z. B: — Der verstorbene Hr. Sadler, der berühmte Luftschiffer, stieg Nachmittags 2 Uhr zu Dublin in einem Luftballon auf, und wurde über den Canal getrieben. Gegen Sonnenuntergang näherte er sich der englischen Küste, als der Ballon fast bis auf den Meeresspiegel niedergieng. Um diese Zeit war die Sonne untergegangen, und die Dunkelheit des Abends begann sich einzustellen. Er warf fast allen Ballast aus, und stieg plötzlich bis zu einer beträchtlichen Höhe, wo er die ganze Er-

in der Breite betragen, und sie kann, wegen der Dünste am Horizonte, immer nur undeutlich gesehen werden. Wenn er nicht, durch eine Veränderung seiner geographischen Lage, seinen Horizont wechselt (der immer eine Ebene ist, welche die sphärische Convexität der Erde an seinem Standpunkte berührt); oder wenn die Himmelskörper, in Folge irgendwelcher ihnen eigenthümlicher Bewegungen, nicht von selbst über seinen Horizont kommen; oder wenn nicht endlich, durch eine Umdrehung der Erde selbst um ihren Mittelpunkt, diejenige Stelle ihrer Oberfläche, auf welcher er seinen Standpunkt genommen hat, mit herumgedreht und einer andern Region des Raumes zugeführt wird: so wird er nie auch nur die eine Hälfte der Himmelskörper außerhalb unserer Atmosphäre genau zu Gesicht bekommen. Aber wenn einer dieser Fälle angenommen wird, so kann ein größerer Theil derselben, oder es können alle, je nach den Umständen, ihm vollkommen sichtbar werden.

51) Ein Reisender z. B., der seinen Ort auf unserer Erdkugel verändert, wird Himmelskörper zu Gesicht bekommen, die von seinem ursprünglichen Standpunkte aus unsichtbar waren, und zwar auf eine Weise, die sich nicht übel dadurch erläutern läßt, daß man ihn mit einer Person vergleicht, die in einem Park hinter einem dicken Baume steht. Das massive Hinderniß, welches der Stamm des Baumes darbietet, entzieht ihm die ganze Ansicht derjenigen Theile der Landschaft, welche der Stamm verdeckt; aber indem er um ihn herumgeht, kann er nach und nach einen vollständigen Ueberblick des ganzen Panoramas erhalten. Ganz auf dieselbe Weise werden wir unfehlbar die Bemerkung machen, wenn wir von irgend einem Standpunkte, z. B. von London, ab-

---

scheinung eines westlichen Sonnenaufgangs hatte. Nachher ließ er sich in Wales nieder, und sah einen zweiten Sonnenuntergang an demselben Abend. Ich habe diese Anekdote vom Dr. Lardner, welcher beim Aufsteigen des Hr. Sadler gegenwärtig war, und dessen eigene Reisebeschreibung gelesen hat. Der Verfasser.

reisen und eine südliche Richtung verfolgen, daß viele Himmelskörper, die wir in London niemals sahen, uns nach und nach sichtbar werden, als ob sie Nacht für Nacht aus dem Süden über den Horizont emporstiegen, obschon es in der Wirklichkeit nur unser Horizont ist, der mit uns in südlicher Richtung um die Erdkugel wandert, und sich unter jene Himmelskörper der Reihe nach senkt. Von der Neuheit und dem Glanze frischer Sternbilder, welche auf diese Weise, während langer Reisen nach Süden, in den heitern ruhigen Nächten tropischer Climate successiv zum Vorschein kommen, erzählen Alle, welche diesen Anblick genossen haben, der nie verfehlt, sich der Erinnerung als einen der ergötzlichsten und interessantesten Genüsse einzuprägen, die mit weiten Reisen verbunden zu seyn pflegen. Ein Blick auf Fig. 6., welche drei successive Standpunkte A, B, C eines Reisenden, sammt dem jedem Standpunkte entsprechenden Horizonte, darbietet, vermag diesen Vorgang deutlicher zu erläutern, als irgend eine Beschreibung.

52) Nehmen wir ferner an, die Erde habe eine rotirende Bewegung um ihren Mittelpunkt, so leuchtet von selbst ein, daß ein Beobachter, im Zustande der Ruhe (so wie es ihm vorkommt) auf irgend einem Theile der Erdkugel, ohne daß er es merkt, mit im Kreise herumgeführt wird. Wir sagen, „ohne daß er es merkt," weil sein Horizont beständig dieselben terrestrischen Gegenstände enthält und von denselben begrenzt ist. Er wird beständig dieselbe Landschaft vor Augen haben, in welcher alle bekannten Gegenstände, die ihm als Grenzen und Richtungen dienen, in Bezug auf ihn oder gegen einander, dieselben unveränderlichen Lagen behalten. Die vollkommene Sanftheit und Gleichheit der Bewegung einer so ungeheueren Masse, woran jeder Gegenstand, den er um sich herum erblickt, ebenfalls Theil nimmt, läßt ihn gar nicht auf die Vermuthung kommen (Art. 15.), daß er wirklich den Ort verändere. Aber in Bezug auf äußere Gegenstände, — nämlich in Bezug auf alle Himmelskörper, die an

der supponirten Umdrehung der Erde nicht Theil nehmen, — wird sein Horizont sich beständig verändert haben, ganz wie in dem Falle des Reisenden im vorhergehenden Artikel. Um wieder auf die Figur des eben erwähnten Artikels zurückzukommen, so ist es offenbar ganz einerlei, insoweit es die Sichtbarkeit der Himmelskörper betrifft, ob er durch die Umdrehung der Erde nach und nach in die Lagen A, B, C versetzt worden ist, oder ob die Erde im Zustande der Ruhe bleibt, und er sich persönlich längs ihrer Oberfläche nach jenen Standpunkten begiebt. Unser Beobachter im Park wird ganz den nämlichen Anblick der Landschaft erhalten, wenn er um den Baum herumgeht, oder wenn wir uns den Baum abgesägt und sich auf einem aufrecht stehenden Zapfen herumdrehend denken, während der Beobachter auf einem daran befestigten Fußtritte steht, und sich durch die Drehung des Stammes mit im Kreise herumführen läßt. Den einzigen Unterschied wird sein Anblick des Baumes selbst ausmachen, von welchem er im erstern Falle jeden Theil, in letzterm aber nur diejenige Portion desselben sehen wird, die ihm beständig zugekehrt und unmittelbar vor Augen bleibt.

53) In Folge einer solchen Umdrehung der Erde wird also, wie wir angenommen haben, der Horizont eines stationären Beobachters beständig unter diejenigen Himmelskörper hinabsinken, welche in derjenigen Gegend des Raumes liegen, nach welcher hin die Umdrehung ihn führt; und er wird sich über jene in der entgegengesetzten Weltgegend erheben, so daß der Beobachter erstere zu Gesicht bekommt und letztere successiv aus dem Gesichte verliert. Da nun einem jeden solchen Beobachter sein Horizont als bewegungslos erscheint, so wird er alle solche Veränderungen auf eine Bewegung der Himmelskörper selbst, die ihm so successiv erscheinen und verschwinden, beziehen. Statt daß sich also sein Horizont den Sternen nähert, wird er annehmen, daß sich die Sterne seinem Horizonte nähern; und wenn der Horizont sich über dieselben erhebt und manche von ihnen verbirgt, so wird es ihm vorkommen, als ob dieselben unter den Horizont gesunken oder unterge-

gangen seyen, während diejenigen, die eben seinem Blicke aufgeschlossen worden sind, und von denen sich der Horizont entfernt, sich über denselben zu erheben scheinen.

54) Wenn wir annehmen, daß diese Umdrehung der Erde in einer und derselben Richtung fortdauere, — nämlich um eine und dieselbe Axe erfolge, bis ein ganzer Umgang vollendet ist, und der Beobachter wieder dahin zurück gelangt, von wo er auslief, als er seine Beobachtungen begann, — so ist es offenbar, daß alsdann jeder Gegenstand sich genau wieder in derselben relativen Lage, wie anfangs, befindet: alle Himmelskörper werden an der Himmelswölbung dieselben Orte einnehmen, wie in jenem Augenblicke, bis auf solche, die sich in der Zwischenzeit wirklich bewegt haben; und wenn die Umdrehung immer fortdauert, so werden dieselben Erscheinungen ihres successiven Aufgehens und Untergehens, so wie ihre Rückkehr an dieselben Orte, beständig in der nämlichen Ordnung sich wiederholen, und zwar (wenn die Geschwindigkeit der Umdrehung eine gleichförmige ist) in gleichen Zeiträumen, bis ins Unendliche fort.

55) Damit hätten wir nun ein lebendiges Gemälde jener großen Erscheinung, der über alle Vergleichung wichtigsten, welche die Natur uns darbietet, des täglichen Aufganges und Unterganges der Sonne und der Sterne, ihres Fortschrittes durch das Gewölbe des Himmels, und ihrer Rückkehr an dieselben scheinbaren Orte zu denselben Stunden des Tages und der Nacht. Die Vollendung dieser Wiederherstellung in dem regelmäßigen Zeitraume von 24 Stunden ist das erste uns vorkommende Beispiel jenes großen Gesetzes des Kreislaufes, welches, wie wir sehen werden, die ganze Astronomie durchdringt. Wir verstehen nämlich darunter die beständige Wiederkehr derselben Erscheinung in derselben Ordnung und in gleichen Zeiträumen.

56) Eine freie Umdrehung der Erde um ihren Mittelpunkt, wenn eine solche besteht und nach denselben mechanischen Gesetzen stattfindet, welche bei den Bewegungen materieller Massen, unter unserer unmittelbaren

Controle und innerhalb der Grenzen unserer gewöhnlichen Erfahrung, gültig sind, muß von der Art seyn, daß sie zwei wesentlichen Bedingungen entspricht: sie muß unveränderlich in ihrer Richtung in Bezug auf die Erdkugel selbst, und gleichförmig in ihrer Geschwindigkeit seyn. Die Umdrehung muß stattfinden um eine Axe, oder einen Durchmesser der Kugel, dessen Pole oder Extremitäten, wo er die Oberfläche erreicht, immer denselben Punkten auf der Kugel entsprechen. Es lassen sich Umdrehungsarten eines festen Körpers unter dem Einfluß äußerer Wirkung denken, bei welchen die Pole der eingebildeten Linie oder Axe, um welche er sich in irgend einem Momente dreht, keine festen Orte auf der Oberfläche behalten, sondern sich auf derselben in jedem Augenblicke verrücken. Solche Veränderungen sind indessen unverträglich mit der Idee der Umdrehung eines Körpers von regelmäßiger Gestalt um seine symmetrisch liegende Axe, im freien Raume, und ohne Widerstand oder Behinderung von irgend einem umgebenden Mittel. Die vollständige Abwesenheit solcher Behinderungen hat nothwendig die strenge Erfüllung der oben erwähnten zwei Bedingungen zur Folge.

57) Nun stehen diese Bedingungen in vollkommenem Einklange mit dem, was wir beobachten, und mit dem, was die aufgezeichnete Beobachtung uns in Betreff der täglichen Bewegungen der Himmelskörper lehrt. Die Geschichte bietet uns keinen Grund dar, anzunehmen, daß in dem Zeitraume zwischen zwei successiven Rückkehren desselben Sternes an denselben Punkt des Firmaments, seit den frühesten Zeiten her eine merkliche Veränderung stattgefunden habe; oder es läßt sich vielmehr aus astronomischen Urkunden darthun, daß eine solche Veränderung wirklich nicht stattgefunden habe. Und was die andere Bedingung, — die Unveränderlichkeit der Umdrehungsaxe, — anlangt, so würden sich die Erscheinungen, die eine Veränderung in dieser Hinsicht hervorbringen müßte, wie wir sogleich näher zeigen wollen, durch eine entsprechende Veränderung sehr auffallender Art in den scheinbaren Bewegungen der Sterne kund geben, welche

Veränderung aber, wie die Geschichte sehr entschieden bezeugt, nicht stattgefunden hat.

58) Aber bevor wir genauer zu untersuchen beginnen, wie die Hypothese der Umdrehung der Erde um eine Axe mit den Erscheinungen im Einklange steht, welche die tägliche Bewegung der Himmelskörper dem Beobachter darbietet, wird es zweckmäßig seyn, genau zu beschreiben, worin diese tägliche Bewegung besteht, und in wiefern sämmtliche Sterne daran Antheil nehmen, oder ob manche von ihnen, ganz oder zum Theil von der gemeinschaftlichen Analogie der übrigen, Ausnahmen bilden. Wir wollen deshalb annehmen, daß sich der Leser an einem heitern Abend kurz nach Sonnenuntergang, wenn die ersten Sterne zu erscheinen beginnen, irgend einen freien Platz, der einen guten allgemeinen Anblick des Himmels gestattet, zum Standort erwählt habe. Er wird dann über und um sich, so zu sagen, ein unermeßliches concaves hemisphärisches Gewölbe, besetzt mit Sternen von verschiedenen Größen, erblicken, unter welchen nur die glänzendsten in der Dämmerung zuerst seine Aufmerksamkeit fesseln; es werden deren mit zunehmender Dunkelheit immer mehr und mehr zum Vorschein kommen, bis der ganze Himmel über und über mit leuchtenden Punkten besetzt ist. Wenn er eine Zeitlang die stille Pracht dieses herrlichen Schauspieles, den Gegenstand so vieler Gesänge und so vieler Gedanken, bewundert hat, — ein Schauspiel, das niemand ohne Rührnng und ohne den sehnsüchtigen Wunsch betrachten kann, etwas von seiner Natur und seiner Bedeutung zu erfahren, — so richte er seine Aufmerksamkeit besonders auf einige der glänzendsten Sterne, die er unfehlbar, ohne sich zu irren, wieder auffinden kann, wenn er von ihnen eine Zeitlang den Blick abgewendet hat, und er beziehe ihre scheinbaren Lagen auf einige umgebende Gegenstände, z. B. auf Gebäude, Bäume u. s. w., nachdem er geflissentlich solche Sterne gewählt hat, welche in verschiedenen Weltgegenden seines Horizontes stehen. Wenn er sie wieder mit den respectiven Punkten, auf welche er sie bezogen hatte, nach einer mäßigen Zeit während der Nacht vergleicht, so wird

er unfehlbar bemerken, daß sie ihre Orte verändert haben, und gleichsam, in Folge einer allgemeinen Bewegung in westlicher Richtung fortgerückt sind. Diejenigen in Osten haben sich über den Horizont erhoben, oder sich von demselben entfernt, während die im Westen sich demselben genähert haben; — und wenn man lange genug wartet, so werden sie meistentheils endlich unter den Horizont sinken und verschwinden, während andere im Osten, gleichsam wie aus der Erde hervor, aufgehen und, sich an die allgemeine Procession anschließend, ihren Lauf mit den übrigen nach der entgegengesetzten Weltgegend nehmen.

59) Wenn der Beobachter eine beträchtliche Zeit lang fortfährt, in derselben, oder in mehreren auf einander folgenden Nächten die Bewegungen der Sterne zu beobachten, so wird er die Bemerkung machen, daß jeder Stern, soweit sein Lauf über dem Horizonte liegt, am Himmel einen Kreis beschreibt; daß die so beschriebenen Kreise nicht für alle Sterne von derselben Größe sind; und daß die von verschiedenen Sternen beschriebenen, hinsichtlich derjenigen Theile derselben, welche über dem Horizonte liegen, gar sehr verschieden sind. Manche, welche in derjenigen Weltgegend des Horizontes liegen, die wir Süden*) nennen, bleiben nur eine kurze Zeit über dem Horizonte, und verschwinden, nachdem sie nur das kleine obere, sichtbare Segment ihres täglichen Kreises beschrieben haben; andere, welche zwischen Süd und Ost aufgehen, beschreiben größere Segmente ihrer Kreise über dem Horizonte, bleiben verhältnißmäßig länger sichtbar, und gehen genau so weit westwärts von Süden unter, als sie ostwärts aufgegangen waren; während dagegen solche, die genau in Osten aufgehen, gerade zwölf Stunden sichtbar bleiben, einen Halbkreis beschreiben, und genau in Westen untergehen. Bei denjenigen, welche zwischen Osten und Norden auf-

*) Wir nehmen an, der Beobachter habe sich seinen Standpunkt in einer nördlichen Breite gewählt, z. B. irgendwo in Europa.

gehen, behauptet sich dasselbe Gesetz, wenigstens, was die Zeit ihrer Anwesenheit über dem Horizonte und das Verhältniß des sichtbaren Segmentes ihrer Tagekreise zu den ganzen Peripherieen derselben anlangt. Beide nehmen zu; diese Sterne bleiben über zwölf Stunden lang sichtbar, und die sichtbaren Bogen ihrer Tagekreise sind mehr, als Halbkreise. Aber die Größen der Kreise selbst nehmen ab in dem Verhältnisse, in welchem wir uns von Osten nach Norden wenden; der größte aller Kreise wird von denen beschrieben, die genau im Ostpunkte aufgehen. Wendet der Beobachter sein Auge weiter nach Norden, so wird er endlich Sterne bemerken, welche in ihrer täglichen Bewegung den Horizont gerade an seinem Nordpunkte streifen, oder nur auf einen Augenblick unter denselben sinken; während andere dagegen ihn gar nicht erreichen, sondern immer über demselben bleiben, indem sie sich in ganzen Kreisen um einen Punkt herumbewegen, welcher der Pol heißt, und welcher sich als den gemeinschaftlichen Mittelpunkt aller ihrer Bewegungen darstellt, den man allein am ganzen Himmel als unbeweglich betrachten kann. Dieser Punkt ist nicht durch einen Stern bezeichnet, sondern er ist ein rein imaginärer Mittelpunkt; aber in der Nähe desselben befindet sich ein sehr glänzender Stern, der sogenannte Polarstern, der leicht an dem sehr kleinen Kreise, den er beschreibt, zu erkennen ist. Dieser Kreis ist in der That so klein, daß, wenn man nicht besondere Aufmerksamkeit darauf verwendet, und den Stand des Polarsterns sehr genau auf ein feststehendes Kennzeichen bezieht, man ihn leicht für ruhend halten, und irriger Weise für den gemeinschaftlichen Mittelpunkt ansehen könnte, um welchen alle anderen Sterne in dieser Gegend ihre Kreise beschreiben; man kann ihn übrigens an seiner Stellung gegen ein sich sehr auszeichnendes und merkwürdiges Sternbild (oder Sterngruppe) erkennen, welches von den Astronomen der große Bär genannt wird.

60) Der Beobachter wird ferner bemerken, daß die scheinbare relative Lage aller Sterne gegen einander durch ihre tägliche Bewegung sich nicht ändert. In welchen

Theilen ihrer Kreise man sie auch beobachtet, oder zu welcher Stunde der Nacht, so bilden sie doch immer mit einander die nämlichen Gruppen oder Configurationen, die man Sternbilder nennt. Zwar haben in den verschiedenen Theilen ihres Laufes diese Gruppen einen verschiedenen Stand gegen den Horizont; und diejenigen nach Norden, wenn sie bei ihrer täglichen Bewegung abwechselnd über und unter jenen gemeinschaftlichen Mittelpunkt der Bewegung, der im letzten Artikel beschrieben worden ist, zu stehen kommen, werden in Bezug auf den Horizont wirklich umgekehrt, während sie dagegen immer dieselben Punkte dem Pole zuwenden. Kurz, der Beobachter wird bemerken, daß man die ganze Gesammtheit der auf einmal oder nach und nach sichtbaren Sterne als ein einziges großes Sternbild betrachten kann, welches mit einer gleichförmigen Bewegung sich umzudrehen scheint, als ob es eine zusammenhängende Masse bildete, oder als ob es an die innere Oberfläche einer ungeheuern hohlen Kugel befestigt wäre, welche die Erde, oder vielmehr den Beobachter, in ihrem Mittelpunkte hat, und sich um eine gegen seinen Horizont geneigte Axe dreht, welche durch den bereits erwähnten fixen Punkt oder Pol läuft.

61) Endlich wird er bemerken, wenn es ihm nicht an Geduld gebricht, eine lange Winternacht hindurch vom ersten Moment an, wo die Sterne erscheinen, bis zur Morgendämmerung zu wachen, daß diejenigen Sterne, welche er im Westen untergehen sah, wiederum in Osten aufgegangen sind, während diejenigen, die eben aufgiengen, als er seine Beobachtung begann, ihren Lauf vollendet haben und jetzt untergegangen sind; und daß auf diese Weise die Hemisphäre, oder ein großer Theil derselben, der anfangs über ihm war, jetzt unter ihm sich befindet, und daß dessen Stelle nun von demjenigen Theile eingenommen ist, der anfangs unter seinen Füßen sich befand, und welcher, wie er jetzt entdeckt, nicht weniger reich mit Sternen besetzt ist, wie der andere, und mit Sterngruppen versehen, die nicht minder unveränderlich und eben so deutlich zu unterscheiden sind. Er wird auf diese Weise lernen, daß das

oben erwähnte große Sternbild, welches sich um den Pol herumbewegt, von gleichem Umfange ist mit der ganzen Oberfläche der Kugel, die in der That nichts anders ist, als ein Universum von leuchtenden Körpern, welche die Erde von allen Seiten umgeben, nach und nach dem Blicke des Beobachters sich aufschließen, und (jeder leuchtende Körper nach seinem eigenen Sehstrahl oder nach der Richtung vom Auge aus) auf die imaginäre sphärische Oberfläche bezogen werden, deren Mittelpunkt er selbst einnimmt. (Siehe Art. 49.).

62) Es giebt indessen einen Theil oder ein Segment dieser Kugel, was er auf diese Weise nicht zu Gesicht bekommt. So wie es ein Segment gegen Norden am Pole über seinem Horizonte giebt, in welchem die Sterne niemals untergehen, so giebt es auch ein entsprechendes Segment, auf dem die kleineren Kreise der südlichern Sterne beschrieben werden, und in welchem sie niemals aufgehen. Die Sterne, welche an den äußern Umfang dieses Segmentes grenzen, streifen gerade den Südpunkt des Horizontes des Beobachters, und zeigen sich nur auf einige Augenblicke über demselben, gerade so, wie diejenigen am Umfange des nördlichen Segmentes den nördlichen Horizont streifen, und auf einen Augenblick unter denselben sinken, um sogleich wieder zum Vorschein zu kommen. Jeder Punkt auf einer sphärischen Oberfläche hat, wie es sich versteht, einen andern, ihm diametral gegenüber liegenden; und da der Horizont des Beobachters die Kugel in zwei Halbkugeln, eine obere und eine untere, theilt, so muß es nothwendig unter dem Horizonte in Süden einen Pol geben, welcher dem über dem Horizonte in Norden befindlichen entspricht, und einen denselben umgebenden, beständig unter dem Horizonte bleibenden Theil der Sphäre, so wie ein anderer vorhanden ist, der den Nordpol umgiebt und beständig über dem Horizonte bleibt.

„Hic vertex nobis semper sublimis; at illum
Sub pedibus nox atra videt, manesque profundi.“ —
Virgil.

63) Um dieses Segment zu Gesicht zu bekommen, muß er nach Süden wandern, und indem er dieses ausführt, bietet sich ihm eine neue Reihe von Erscheinungen dar. In dem Verhältniß, in welchem er sich nach Süden fortbewegt, wird er die Bemerkung machen, daß einige derjenigen Gestirne, die auf seinem ursprünglichen Standpunkte den nördlichen Horizont kaum streiften, nun unter denselben sinken und untergehen, indem sie anfangs nur auf eine sehr kurze, aber nach und nach auf längere Zeit verborgen bleiben. Sie laufen indessen beständig um den nämlichen Punkt, indem sie dabei dieselbe unveränderliche Lage gegen einander am Himmelsgewölbe behalten; aber dieser Punkt wird allmählig selbst in Bezug auf den Horizont des Beobachters deprimirt. Mit einem Worte, die Axe, um welche die tägliche Bewegung erfolgt, wird immer weniger und weniger gegen den Horizont geneigt erscheinen; und um eben so viel, als der Nordpol deprimirt ist, wird der Südpol sich heben, und die denselben umgebenden Gestirne werden zum Vorschein kommen, anfangs nur für einen Augenblick, aber nach und nach für immer längere Zeit bei jedem täglichen Umlaufe, — und es wird so, mit einem Wort, in Erfüllung gehen, was wir bereits im Art. 51. gesagt haben.

64) Wenn der Beobachter beständig in südlicher Richtung fortreiset, so wird er endlich auf der Erdoberfläche eine Linie erreichen, welche der Aequator heißt; und wenn er an irgend einer beliebigen Stelle desselben seinen Standpunkt wählt, und seine Beobachtungen wieder beginnt, so wird er finden, daß er beide Mittelpunkte der täglichen Bewegung, an einander entgegengesetzten Stellen, in seinem Horizonte hat, indem der Nordpol herabgesunken ist, und der Südpol sich gehoben hat; so daß, in dieser geographischen Lage die tägliche Umdrehung des Himmels als um eine horizontale Axe vor sich gehend ihm erscheint, indem jeder Stern die Hälfte seines Tagekreises über, und die andere Hälfte unter seinem Horizonte beschreibt, also abwechselnd zwölf Stunden sichtbar und eben so lange unsichtbar bleibt. In dieser Lage gewinnt er nach und

nach einen Anblick von jedem Theile des Himmels. In einer Nacht von zwölf Stunden (wenn man annimmt, daß eine solche Fortdauer der Dunkelheit am Aequator möglich sey) wird die ganze Himmelskugel vor seinem Blicke vorübergegangen seyn; die ganze Halbkugel, mit welcher er seine nächtliche Beobachtung begann, wird sich unter ihn hinab, und die ganze entgegengesetzte über ihn empor bewegt haben.

65) Wenn er den Aequator passirt, und noch weiter nach Süden seine Reise fortsetzt, so wird der südliche Pol des Himmels sich über seinen Horizont erheben, und der nördliche unter denselben hinabsinken, und zwar um so mehr, je weiter er nach Süden vorrückt; und wenn er einen Standort erreicht hat, so weit südlich vom Aequator, als derjenige, von wo er ausgieng, nördlich von demselben lag, so wird er alle Erscheinungen des Himmels umgekehrt finden. Die Sterne, welche auf seinem ursprünglichen Standpunkte ihre ganzen Tagekreise über seinem Horizonte beschrieben, und niemals untergiengen, beschreiben sie jetzt gänzlich unter demselben, und gehen niemals auf, sondern bleiben ihm beständig unsichtbar; und, umgekehrt, diejenigen Sterne, welche er auf seinem ersten Standpunkte niemals sah, wird er jetzt ohne Unterbrechung über seinem Horizonte erblicken.

66) Wenn er endlich, statt von seinem ersten Standpunkte aus nach Süden zu gehen, in nördlicher Richtung reiset, so wird er die Bemerkung machen, daß sich der nördliche Pol des Himmels immer mehr über seinen Horizont erhebt, und der südliche immer mehr unter denselben hinabsinkt. Seine Halbkugel bietet ihm folglich eine geringere Mannichfaltigkeit von Sternen dar, weil ein größerer Theil der ganzen Oberfläche des Himmels beständig sichtbar, oder beständig unsichtbar bleibt. Der von jedem Stern beschriebene Kreis wird auch dem Horizonte immer mehr parallel; ja könnte er weit genug nach Norden reisen, so ist aller Anschein vorhanden, anzunehmen, daß er endlich einen Punkt vertikal unter dem Nordpole des Himmels erreichen würde, wo kein Stern aufgehen, oder untergehen, sondern wo jeder am Horizont herum in Kreisen sich bewegen würde, die

demselben parallel sind. Es sind manche Versuche gemacht worden, diesen Punkt zu erreichen, welcher der Nordpol der Erde heißt, jedoch bis jetzt immer ohne Erfolg, indem die zunehmende Strenge des Climas ein Hinderniß von fast unübersteiglicher Schwierigkeit entgegensetzt. Man hat sich aber demselben sehr beträchtlich genähert, und die Erscheinungen dieser Gegenden, wenn auch nicht genau von der Art, wie sie nach unserer Beschreibung am Pole selbst eintreten müßen, haben jedoch dargethan, daß sie mit der großen Nähe an demselben in genauer Uebereinstimmung stehen. Eine ähnliche Bemerkung findet auf den Südpol der Erde ihre Anwendung, dem man sich noch weniger nähern kann, oder welchem man wenigstens noch nicht so nahe gekommen ist, als dem Nordpole.

67) Obiges ist eine Schilderung der Erscheinungen der täglichen Bewegung der Sterne, wie sie durch verschiedene geographische Lagen modificirt werden, und sie gründet sich nicht etwa auf Speculation, sondern diese Erscheinungen sind wirklich so beobachtet und von Reisenden erzählt worden. Sie steht indessen in vollkommenem Einklange mit der Hypothese einer Umdrehung der Erde um eine feste Axe. Um jedoch dieses darzuthun, wird es nothwendig seyn, einige Bemerkungen über die Erscheinungen vorauszuschicken, welche eine Gesammtheit entfernter Gegenstände darbietet, wenn man sie von verschiedenen Theilen eines kleinen und begränzten Standortes aus betrachtet.

68) Man denke sich eine Landschaft, in welcher eine große Menge Gegenstände in jeder Mannichfaltigkeit der Entfernug vom Beobachter befindlich sind. Wenn er seinen Standpunkt nur um einige Schritte verändert, so wird er eine sehr große Veränderung in den scheinbaren Lagen der nähern Gegenstände, sowohl in Bezug auf ihn selbst, als auch auf die Gegenstände zu einander, wahrnehmen. Wenn er sich z. B. nach Norden bewegt, so werden nahe Gegenstände zur Rechten und Linken, welche deshalb östlich und westlich von seinem ursprünglichen Standorte lagen, hinter ihm bleiben, und sich nach Süden entfernen; einige, welche ein-

ander anfangs bedeckten, werden sich trennen, andere sich nähern und vielleicht einander verbergen. Entfernte Objecte dagegen werden nicht so große und auffallende Veränderungen der relativen Lage darbieten. Ein Gegenstand, östlich von seinem ursprünglichen Standpunkte, in 1 oder 2 Meilen Entfernung, wird immer noch von ihm mit einer kaum merklichen Abweichung auf den Ostpunkt seines Horizontes bezogen werden. Der Grund davon liegt darin, daß wir die Lage jedes Gegenstandes auf die Oberfläche einer imaginären Kugel von unbestimmtem Radius beziehen, in deren Mittelpunkte sich unser Auge befindet; und wenn wir in einer Richtung AB, (Fig. 7.) fortschreiten, nehmen wir diese imaginäre Kugel mit uns, so daß die Sehstrahlen AP, AQ, durch welche die Gegenstände auf die Oberfläche der Kugel bezogen werden (bei c z. B.), ihre Lagen in Bezug auf die Linie AB, auf welcher wir uns bewegen, und die als eine Axe oder Beziehungslinie dient, verändern, und neue Lagen BPp, BQq annehmen, indem sie sich um ihre betreffenden Gegenstände, wie um Mittelpunkte, drehen. Ihre Durchschnitte mit unserer Sehsphäre, bei p und q, werden sich also an der Oberfläche der letztern von einander entfernen, jedoch mit verschiedenen Graden von Winkelgeschwindigkeit, im Verhältnisse zu ihrer Nähe. Dieselbe Größe des Fortschrittes AB giebt bei dem nahen Gegenstande P einen größern Winkel APB = cPp, als bei dem entfernten Q.

69) Diese scheinbare Winkelbewegung eines Gegenstandes an unserer Sehsphäre *), welche aus einer Veränderung unseres Gesichtspunktes entsteht, heißt Pa-

*) Die imaginäre Sphäre außer uns, auf welche wir die Orte der Gegenstände beziehen, und die wir überall mit uns nehmen, wohin wir uns begeben, ist ohne Zweifel durch Ideenassociation innig verbunden, wenn nicht gänzlich abhängig von jener dunkeln Wahrnehmung einer Empfindung in den Netzhäuten unserer Augen, wovon wir uns, selbst wenn sie geschlossen und nicht erregt sind, nicht gänzlich

rallaxe, und sie wird immer ausgedrückt durch den Winkel APB am Gegenstande P, indem man mittelst einer Linie die beiden fraglichen Gesichtspunkte A und B mit einander verbindet. Denn es liegt auf der Hand, daß die Differenz der Winkellage von P in Bezug auf die unveränderliche Richtung ABD, von A und von B aus gesehen, die Differenz der beiden Winkel DBP und DAP ist; nun ist aber DBP, als der äußere Winkel des Dreieks ABP, gleich der Summe des innern und des gegenüberliegenden, nämlich DBP = DAP + APB, weshalb DBP — DAP = APB.

70) Es folgt hieraus, daß der Betrag der parallactischen Bewegung in Folge einer gegebenen Veränderung unseres Gesichtspunktes, unter übrigens gleichen Umständen, um so viel kleiner ist, als die Entfernung eines beobachteten Gegenstandes größer ist; und wenn diese Entfernung, verglichen mit der Veränderung in unserem Gesichtspunkt, außerordentlich groß ist, so wird die Parallaxe unmerklich, oder, mit andern Worten, die Gegenstände scheinen alsdann, ihre Lage gar nicht zu verändern. Aus diesem Grundsatze erklärt es sich, woher man in Alpengegenden, die man zum erstenmale besucht, über den geringen Fortschritt,

---

frei machen können. Wir haben eine wirkliche sphärische Oberfläche innerhalb unserer Augen, den Sitz des Empfindens und Sehens, welche Punkt für Punkt der äußern sphärischen Oberfläche entspricht. Auf dieser sind die Sterne u. s. w. wirklich verzeichnet, so wie wir im Texte angenommen haben, daß sie es an der imaginären hohlen Himmelskugel sind. Wenn die ganze Oberfläche der Netzhaut durch Licht erregt wird, so verbinden wir sie aus Gewohnheit mit der Idee einer wirklichen außer uns existirenden Oberfläche. Dadurch bildet sich in uns der Begriff eines Firmamentes und eines Himmels, aber die concave Oberfläche der Netzhaut selbst ist der eigentliche Sitz aller sichtbaren Winkeldimension und Winkelbewegung. Die Netzhaut dem Himmelsgewölbe zu substituiren, würde linkisch und unpassend in der Sprache seyn, aber im Geiste kann man es jederzeit thun. (Siehe Schiller's herrliches Räthsel über das Auge in seiner Turandot.)

den man bei einer beträchtlichen Ortsveränderung macht, in Erstaunen und Unmuth geräth. Eine Stunde Weges z. B. bringt nur eine kleine parallactische Veränderung in den relativen Lagen der großen und entfernten Massen hervor, die uns umgeben. Das entfernte Panorama gewährt uns fast denselben Anblick, ob wir einen Kreis von hundert Ellen Durchmesser durchwandern, oder uns blos im Mittelpunkte desselben umdrehen: wir werden unsern Gesichtspunkt kaum verändert zu haben scheinen.

71) Welchen Begriff wir in andern Hinsichten von den Sternen auch haben mögen, so ist es doch ganz klar, daß sie unermeßlich entfernt sein müssen. Wäre dieses nicht der Fall, so würde der scheinbare Winkelabstand zwischen zwei Sternen, hoch am Himmel gesehen, weit größer seyn, als wenn wir dieselben am Horizonte erblicken, und die Sternbilder würden, statt dieselben Formen und Dimensionen während ihres ganzen Tagekreises zu behalten, desto größer werden, je höher sie am Himmelsgewölbe empor steigen, so wie wir eine kleine Wolke am Horizonte zu einem großen überschattenden Baldachin sich ausbreiten sehen, wenn sie vom Winde durch unser Zenith getrieben wird; oder, wie man aus Fig. 8. ersehen kann, wo ab, AB, ab drei verschiedene Stände derselben Sterne sind, wie sie, in der Nähe der Erde, von einem Beobachter S unter den Sehwinkeln aSb, ASB erblickt werden würden. Es wird indessen keine solche Veränderung der scheinbaren Dimension der Sternbilder bemerkt. Die genauesten Messungen des scheinbaren Winkelabstandes von zwei Sternen unter sich in irgend einem Theile ihres Tagkreises (nachdem die ungleichen Wirkungen der Refraction berücksichtigt worden sind, oder wenn die Messungen in solchen Momenten angestellt werden, wo diese Ursache der Veränderung auf beide gleichmäßig einwirkt) lassen nicht die geringste bemerkbare Veränderung entdecken. Aber noch außerdem sind auch die Resultate absolut identisch, auf welchem Punkte der Erdoberfläche die Messung angestellt werden möge. Kein einziges bis jetzt von Menschen erfundenes Instrument

ist fein genug, um durch eine Zunahme oder Abnahme des Winkelabstandes anzuzeigen, daß ein Punkt der Erde den Sternen näher oder entfernter liegt, als ein anderer.

72) Als nothwendige Folgerung ergiebt sich hieraus, daß die Dimensionen der Erde, so groß sie auch sind, doch verhältnißmäßig *nichts* sind und absolut unbemerkbar, wenn sie mit dem Raume verglichen werden, welcher die Sterne von der Erde trennt. Wenn ein Beobachter einen Kreis von nicht mehr als einigen Ellen Durchmesser durchwandert, und von verschiedenen Punkten seines Umfanges aus mit einem Sextanten, oder einem andern für diesen Zweck geeigneten noch genauern Instrumente, die Winkel PAQ, PBQ, PCQ (Fig. 9.) mißt, welche an diesen Standorten durch zwei feste Punkte P, Q seines Horizontes gebildet werden, so wird er mit einemmale, durch die Differenz der Resultate, die Veränderung seiner Entfernung von ihnen, in Folge seiner Ortsveränderung, erfahren, obschon diese Differenz so klein seyn mag, daß das bloße Auge im *allgemeinen* Anblick der beiden Punkte keine Veränderung zu entdecken im Stande ist. Dieses ist einer der unzähligen Fälle, in welchen genaue Messung mit Hülfe von Instrumenten uns, hinsichtlich der wahren Sachlage und der daraus abzuleitenden Folgerungen, zu ganz anderen Resultaten kommen läßt, als wir erlangen würden, wenn wir uns in allen Fällen blos auf unser Augenmaas verlassen wollten. Man hat dergleichen Beobachtungen mit Hülfe eines Instrumentes, des sogenannten Theodolits, zu einer so großen Genauigkeit gebracht, daß ein Kreis von dem oben erwähnten Durchmesser auf diese Weise *merklich* gemacht, und so entdeckt werden kann, daß er eine *Größe* und einen festzusetzenden *Ort* habe, indem man ihn zu Gegenständen in Beziehung stellt, welche um das Hunderttausendfache seines Durchmessers von ihm entfernt sind. Beobachtungen, die zwar in Ansehung der Methode von den eben angeführten etwas verschieden, dem Grundsatze nach aber dieselben sind, und fast die nämliche Genauigkeit besitzen, hat man auf die Sterne angewendet, und ein solches Resultat erhalten, wie oben schon erwähnt

worden ist. Daraus folgt unbestreitbar, daß die Entfernung der Sterne von der Erde nicht so klein seyn könne, als hunderttausend Erddurchmesser. Sie ist in der That noch ungleich größer; denn wir werden weiter unten völlig dargethan finden, daß die eben erwähnte Entfernung, so unermeßlich sie auch schon erscheinen mag, doch noch viel zu gering angeschlagen ist.

73) Einem Beobachter, mit unseren Sinnen und unsern Instrumenten versehen, würde aus einer solchen Entfernung die Erde unbemerkbar seyn; und so muß auch umgekehrt ein Himmelskörper von der Größe der Erde, in der Entfernung der Sterne, eben so unerkennbar seyn. Wenn wir deshalb durch den Punkt, auf welchem ein Beobachter steht, eine Ebene legen, welche die Erdkugel berührt, und wenn wir dieselbe in Gedanken bis in die Region der Sterne ausdehnen, und uns durch den Mittelpunkt der Erde eine andere, der ersteren parallele und gerade so große, Ebene denken, so würden sie zwar in ihrer ganzen Extension um einen gleichen Abstand, nämlich um den Erdhalbmesser, von einander entfernt seyn, jedoch aber, wegen der ungeheuern Entfernung, von welcher aus dieser Abstand erblickt wird, in der Region der Sterne mit einander confundirt werden und von einem Beobachter auf der Erde nicht mehr zu unterscheiden seyn. Die Zone, welche sie dort einschließen, wird seinem Auge von verschwindender Breite seyn, und nur einen größten Kreis am Himmel bezeichnen, der gleich dem verschwindenden Punkte in der Perspective, welchem alle parallelen Linien in einem Gemälde als convergirend erscheinen, in der That die verschwindende Linie bildet, welcher alle dem Horizonte parallel laufenden Ebenen eine ähnliche Erscheinung völliger Convergenz in dem großen Panorama der Natur darbieten.

74) Die zwei eben beschriebenen Ebenen heißen in der Astronomie der scheinbare und der wahre Horizont des Standpunktes des Beobachters; und der größte Kreis am Himmel, welcher ihre verschwindende Linie bezeichnet, wird auch als ein Kreis der Himmels-

kugel unter dem Namen des Himmelshorizontes, oder einfach des Horizontes, aufgeführt.

Aus dem, was Art. 72. über die Entfernung der Sterne gesagt worden ist, ergiebt sich, daß, wenn wir uns einen Beobachter im Mittelpunkte der Erde denken, dessen Gesichtskreis vom wahren Horizonte auf dieselbe Weise begrenzt wird, wie derjenige eines entsprechenden Beobachters auf der Oberfläche vom scheinbaren Horizonte, die beiden Beobachter dieselben Sterne in denselben relativen Lagen sehen werden, indem jeder diejenige ganze Halbkugel des Himmels erblickt, welche über dem, ihrem gemeinschaftlichen Zenith entsprechenden Himmelshorizonte sich befindet.

75) Nun ist es offenbar einerlei in Bezug auf die Erscheinungen, ob der Himmel, d. h. der ganze Raum mit seinem Inhalte, sich um einen Beobachter dreht, welcher im Mittelpunkte der Erde ruht, oder ob sich dieser Beobachter in der entgegengesetzten Richtung auf seinem Platze einfach umdreht, und die Erscheinungen nach einander betrachtet. Der Anblick des Himmels, auf des Beobachters Horizont bezogen (von dem man annehmen muß, daß er sich mit ihm dreht), wird in beiden Fällen in jedem Augenblicke der nämliche seyn. Und da auch, wie bereits dargethan worden ist, die Erscheinungen, insofern sie die Sterne betreffen, für einen Beobachter auf der Oberfläche, wie für einen im Mittelpunkte, ganz gleich sind, so folgt daraus, mögen wir nun annehmen, der Himmel drehe sich außerhalb der Erde herum, oder die Erde innerhalb des Himmels in der entgegengesetzten Richtung, daß hierdurch die täglichen Erscheinungen desselben für alle Bewohner der Erde in keiner Hinsicht verschieden seyn werden.

76) Das Copernikanische System nimmt die letztere Erklärung dieser Erscheinungen als die richtige an, und vermeidet dadurch die Nothwendigkeit, die beschwerliche Einrichtung einer festen aber unsichtbaren Kugel anzunehmen, an welcher man sich die Sterne befestigt denken müßte, damit sie, ohne Störung ihrer relativen Lagen gegeneinander, um die Erde herum geführt werden könnten. Eine solche Einrichtung

würde allerdings ausreichend seyn, um die tägliche Umdrehung der Sterne dem Scheine nach zu erklären; aber die Bewegungen der Sonne und des Mondes, so wie auch diejenigen der Planeten, vertragen sich nicht mit einer solchen Annahme, wie sich ergeben wird, wenn wir näher von diesen Himmmelskörpern handeln. Daß dagegen eine sphärische Masse von mäßigen Dimensionen (oder vielmehr von verschwindender Größe, wenn man sie mit dem sie umgebenden und sichtbaren Universum vergleicht), eine Masse, welche von keiner Fessel gehalten wird, und sich frei bewegen und umdrehen kann, dieses letztere auch wirklich thue, den allgemeinen Gesetzen gemäß, welche, so viel wir wissen, die Bewegungen aller materiellen Körper reguliren, — ist so wenig eine schwierige Voraussetzung, daß es vielmehr als ein Wunder betrachtet werden müßte, wenn sich die Sache anders verhalten sollte. Wir wollen dieses deshalb von nun an als einen Forderungssatz betrachten; und da in der Folge dieses Werkes aus dem, was wir an andern Himmelskörpern beobachten, sich Analogieen zur Unterstützung desselben darbieten, so werden wir alsdann nicht ermangeln, den Leser darauf aufmerksam zu machen. Inzwischen wird es zweckmäßig seyn, eine Menge von Ausdrücken zu erklären, die in der Folge beständig gebraucht werden.

77) Erste Erklärung. Die Axe der Erde ist derjenige Durchmesser, um welchen sie sich mit einer gleichförmigen Bewegung von Westen nach Osten umdreht, indem sie eine ganze Umdrehung in demjenigen Zeitraume vollendet, welcher verfließt, bis ein Stern, von einem gewissen Punkte am Himmel ausgehend, zu dem nämlichen Punkte zurückgekehrt ist.

78) Zweite Erklärung. Die Pole der Erde sind die Punkte, in denen die Erdaxe die Oberfläche trifft. Der Nordpol ist derjenige, welcher Europa am nächsten, und der Südpol derjenige, welcher von ihm am entferntesten ist.

79) Dritte Erklärung. Die Himmelskugel oder die Sternkugel ist eine imaginäre sphärische Oberfläche von unendlichem Radius, und ihr Mittel-

punkt ist der Mittelpunkt der Erde, oder, was auf eins hinauskommt, das Auge eines jeden Beobachters auf der Oberfläche derselben. Jeder Punkt in dieser Sphäre kann, in der Perspective von der Erde aus gesehen, als der verschwindende Punkt eines Systems von Linien betrachtet werden, die mit demjenigen Radius der Kugel parallel laufen, der durch diesen Punkt geht; und jeder größte Kreis an derselben als die verschwindende Linie eines Systems von Ebenen, die mit seiner eignen parallel laufen. Diese Art, sich dergleichen Punkte und Kreise vorzustellen, gewährt in einer Menge von Fällen große Vortheile.

80) Vierte Erklärung. Das Zenith und Nadir*) sind die beiden Punkte der Himmelskugel, senkrecht über dem Scheitel des Beobachters und senkrecht unter seinen Füßen; sie sind deshalb die verschwindenden Punkte aller Linien, welche der Richtung eines Bleilothes am Standpunkte des Beobachters mathematisch parallel laufen. Das Bleiloth selbst fällt an jedem Punkte der Erde perpendiculär auf die sphärische Oberfläche derselben, und man kann daher die wirklichen Richtungen zweier Bleilothe an zwei Standpunkten nicht als mathematisch parallel betrachten. Sie convergiren gegen den Mittelpunkt der Erde; aber für sehr kleine Zwischenräume (wie z. B. in dem Raume eines Gebäudes, in einer und derselben Stadt u. s. w.) ist die Abweichung vom genauen Parallelismus so gering, daß man sie in der Praxis ganz außer Acht lassen kann. Ein Zwischenraum von einer Meile entspricht einer Convergenz der Bleilothe von etwa einer Minute. Das Zenith und Nadir sind die Pole des Himmelshorizontes, folglich Punkte, die von jedem Punkte dieses Horizontes um 90 Grade entfernt sind. Der Himmelshorizont selbst ist die verschwindende Linie eines Systems von Ebenen, welche dem scheinbaren und dem wahren Horizonte parallel sind.

81) Fünfte Erklärung. Vertikalkreise der

*) Von arabischen Worten. Nadir entspricht offenbar dem deutschen nieder.

Kugel sind größte Kreise, welche durch das Zenith und Nadir gehen, oder auch größte Kreise, welche auf dem Horizonte senkrecht stehen. Auf diesen werden die Höhen der Objecte über dem Horizonte gemessen; die Ergänzungen dieser Höhen zu 90 Graden sind die Zenithabstände der Objecte.

82) Sechste Erklärung. Die Pole des Himmels sind die Punkte der Himmelskugel, gegen welche die Erdaxe gerichtet ist, oder auch die verschwindenden Punkte aller mit der Erdaxe parallel laufenden Linien.

83) Siebente Erklärung. Der Erdäquator ist ein größter Kreis auf ihrer Oberfläche, gleichweit abstehend von ihren Polen, welcher die Erde in zwei Halbkugeln, eine nördliche und eine südliche, theilt, in deren Mitte die betreffenden Erdpole gleiches Namens liegen. Die Ebene des Aequators ist also auf der Erdaxe senkrecht, und geht durch den Mittelpunkt der Erde. Der Aequator des Himmels, ist ein größter Kreis am Himmel, welcher beschrieben wird durch die unendliche Extension der Ebene des Erdäquators, und er ist die verschwindende Linie aller mit ihm parallel laufenden Ebenen. Diesen Kreis nennen die Astronomen auch den Aequinoctialkreis.

84) Achte Erklärung. Der Erdmeridian eines Standpunktes auf der Oberfläche der Erde ist ein größter Kreis, welcher durch beide Pole und den fraglichen Standpunkt geht. Extendirt man die Ebene desselben bis an die Himmelskugel, so beschreibt sie den Himmelsmeridian eines an jenem Standpunkte befindlichen Beobachters. Wenn wir von dem Meridian eines Beobachters sprechen, so verstehen wir darunter den Himmelsmeridian, welches ein durch die Pole des Himmels gehender Vertikalkreis ist.

Die Ebene des Meridians ist die Ebene dieses Kreises und ihr Durchschnitt mit dem scheinbaren Horizonte des Beobachters heißt eine Mittagslinie, und bezeichnet den Mitternachts- und Mittagspunkt seines Horizontes.

85) Neunte Erklärung. Das Azimuth ist der Winkelabstand eines Himmelskörpers von dem Mit-

ternachts- oder Mittagspunkte des Horizontes (je nachdem der Nord- oder der Südpol über dem Horizont erhaben ist), wenn nämlich der Himmelskörper durch einen Vertikalkreis auf den Horizont bezogen wird; oder es ist der Winkel zwischen zwei Vertikalebenen, von denen die eine durch den erhabenen Pol, die andere durch den Himmelskörper gelegt ist. Wenn demnach die Höhe und das Azimuth eines Himmelskörpers bekannt sind, so ist damit sein Ort am sichtbaren Himmel bestimmt. Für die gleichzeitige Messung der Höhe und des Azimuths ist ein besonderes Instrument erfunden worden, das sogenannte Höhen- und Azimuthalinstrument, welches im nächsten Capitel beschrieben werden soll.

86) Zehnte Erklärung. Die Breite eines Ortes auf der Erdoberfläche ist sein Winkelabstand vom Aequator, auf seinem eigenen Erdmeridiane gemessen. Sie wird berechnet nach Graden, Minuten und Sekunden 0° bis 90°, und ist nördlich oder südlich, je nach der Halbkugel, auf welcher der Ort liegt. So liegt z. B. die Sternwarte zu Greenwich unter 51° 28′ 40″ nördlicher Breite. Diese Erklärung der Breite ist, wie bemerkt werden muß, nur als vorläufig zu betrachten. Eine genauere Kenntniß der physischen Structur und Gestalt der Erde, und eine bessere Bekanntschaft mit den Subtilitäten der Astronomie, wird eine Modification dieses Ausdrucks, oder eine andere Art, ihn aufzufassen, nothwendig machen.

87) Eilfte Erklärung. Parallelkreise der Breite sind kleine Kreise auf der Erdoberfläche, welche mit dem Aequator parallel laufen. Jeder Punkt in solch einem Kreise hat die nämliche Breite. So sagt man z. B., Greenwich liege in dem Parallelkreise von 51° 28′ 40″.

88) Zwölfte Erklärung. Die Länge eines Ortes auf der Oberfläche der Erde ist die Neigung seines Meridianes gegen denjenigen eines bestimmten Ortes, von welchem aus man rechnen will. Englische Astronomen und Geographen nehmen die Sternwarte zu Greenwich als einen solchen bestimmten Ort an, Aus-

länder die Hauptsternwarten ihrer respectiven Nationen. Einige Geographen haben dazu die Insel Ferro gewählt. Wenn wir in der Folge dieses Werkes von der Länge eines Ortes sprechen, so rechnen wir dieselbe von Greenwich an. Die Länge eines Ortes wird also durch den Bogen des Aequators gemessen, welcher zwischen dem Meridiane des Ortes und demjenigen von Greenwich enthalten ist, oder, was auf eins hinauskommt, durch den sphärischen Winkel am Pol, welcher von diesen beiden Meridianen eingeschlossen wird.

So wie man die Breite nördlich oder südlich annimmt, so pflegt man die Länge westlich oder östlich anzunehmen. Es würde indessen zu einer größern systematischen Regelmäßigkeit führen, und gar sehr dazu beitragen, bei Berechnungen Verwirrung und Zweideutigkeit zu vermeiden, wenn man diese Art, die Längen auszudrücken, aufgeben, und sie immer westlich von ihrem Anfangspunkte an durch den ganzen Umkreis von 0° bis zu 360° rechnen wollte. So beträgt z. B. die Länge von Paris, nach dem gewöhnlichen Ausdrucke entweder 2° 20′ 22″ östlich, oder 357° 39′ 38″ westlich, von Greenwich. Aber in dem Sinne, in welchem wir von nun an den Ausdruck Länge anwenden werden, und auch Andern anzuwenden rathen, ist die letztere die richtige Bezeichnung. Man berechnet die Länge auch nach Zeit, im Verhältnisse von 24 Stunden auf 360 Grad, oder 15 Grad auf die Stunde. Nach dieser Art zu rechnen, beträgt die Länge von Paris 23 Stunden, 50 M., 38 1/2 S.

89) Kennt man die Länge und Breite eines Ortes, so kann man denselben auf eine künstliche Kugel auftragen, und auf diese Weise eine Erdcharte construiren. Charten besonderer Länge sind abgerissene Theile dieser allgemeinen Charte, zu Ebenen ausgebreitet; oder sie sind vielmehr Darstellungen solcher Erdtheile auf Ebenen, wobei man nach gewissen conventionellen Systemen von Regeln, Projectionen genannt, verfährt, und sich bemüht, die Umrisse der Länder, wie sie sich auf der Kugel präsentiren, so wenig als möglich zu verzerren, oder auch leichte Mittel an die Hand zu ge-

ben, nach dem Augenmaaße oder durch graphische Messung die Breiten und Längen der vorkommenden Orte auszumitteln, ohne zum Globus oder zu Büchern seine Zuflucht nehmen zu müssen; oder sie sind zu andern besondern Zwecken bestimmt. Siehe Cap. 3.

90) Ein Globus oder eine allgemeine Charte des Himmels, wie auch Charten besonderer Theile, können ebenfalls ausgeführt, und die Sterne nach ihren eigenthümlichen relativen Lagen zu einander, so wie zu den Himmelspolen und dem Himmelsäquator, eingetragen werden. Eine solche Darstellung gewährt, wenn sie vollendet ist, eine richtige Erscheinung der Sterne, wie sie sich, der Reihe nach, jedem Beobachter auf der Erdoberfläche darstellen, oder auch wie sie ein Beobachter im Mittelpunkte der Kugel auf einmal erblicken würde. Sie ist deshalb unabhängig von allen geographischen Localitäten. In einer solchen Darstellung kommt weder Zenith, noch Nadir, noch Horizont, noch Ost- noch Westpunkt vor; und obschon man auf derselben größte Kreise von Pol zu Pol, den Erdmeridianen entsprechend, ziehen kann, so können sie doch, in dieser Hinsicht, nicht mehr als die Himmelsmeridiane fester Punkte auf der Erdoberfläche betrachtet werden, da während einer täglichen Umdrehung der Erde ein jeder solcher Punkt unter jedem von ihnen fortrückt. Wegen dieser Veränderung der Vorstellung, und um einen vollkommenen Unterschied zwischen den beiden Zweigen der Geographie und Uranographie*) festzustellen, haben die Astronomen andere Ausdrücke angenommen (nämlich Abweichung oder Declination und gerade Aufsteigung oder Rectascension), um diejenigen Bogen am Himmel zu bezeichnen, welche den Breiten und Längen auf der Erdkugel entsprechen. Aus diesem Grunde nennen sie den Aequator des Himmels den Aequinoctialkreis; was auf der Erdkugel Meridiane sind, nennt man am Himmel Stun-

*) *Γη*, die Erde; *γραφειν*, beschreiben; *οὔρανος*, der Himmel.

denkreise, und die Winkel, welche sie an den Polen einschließen, heißen Stundenwinkel. Alles dieses ist zweckmäßig und verständlich; und hätte man sich mit dieser Nomenclatur begnügt, so würde niemals Verwirrung entstanden seyn. Leider haben aber die frühern Astronomen auch die Worte „Breite" und „Länge" in ihrer Uranographie angewendet, nicht um Kreisbogen zu bezeichnen, die denen entsprechen, welche man unter diesen Worten auf der Erde versteht, sondern vielmehr solche, welche sich auf die Bewegung der Sonne und Planeten unter den Sternen beziehen. Es ist jetzt zu spät, dieser Verwirrung abzuhelfen, welche in jedes Werk über Astronomie übergegangen ist. Wir können in dieser Hinsicht nur unser Bedauern aussprechen, und den Leser erinnern, aufmerksam zu seyn, wenn wir in der Folge dieses Werkes Gelegenheit bekommen werden, diese Ausdrücke zu erklären und in ihrer Bedeutung am Himmel anzuwenden, wobei wir künftigen Schriftstellern es zugleich dringend ans Herz legen, statt dieser Ausdrücke andere zu wählen.

91. So wie die terrestrischen Längen von einem angenommenen fixen Meridian, oder von einem bestimmten Punkte im Aequator, gerechnet werden, so verlangen auch die Rectascensionen am Himmel einen bestimmten Stundenkreis, oder einen bekannten Punkt im Aequinoctialkreise, für den Anfang ihrer Zählung, oder ihren Nullpunkt. Man hätte den Stundenkreis wählen können, welcher durch irgend einen auffallend glänzenden Stern geht; aber es würde damit nichts Besonderes gewonnen worden seyn, und die Astronomen haben daher vorzugsweise einen Punkt im Aequinoctialkreise gewählt, welcher der Nachtgleichenpunkt heißt, durch den, wie sie annehmen, derjenige Stundenkreis geht, von wo aus alle anderen gerechnet werden, und welcher Punkt selbst der Nullpunkt aller auf dem Aequinoctialkreise gezählten Rectascensionen ist.

Die Rectascensionen der Himmelskörper werden immer vom Nachtgleichenpunkte aus nach Osten zu gezählt, und entweder in Graden, Minuten und Secunden, wie bei den terrestrischen Längen, von 0° bis

zu 360°, die den ganzen Umkreis ausmachen, oder, nach Zeit, in Stunden, Minuten und Secunden von 0 Stunde bis zu 24 Stunden ausgedrückt. Da die scheinbare tägliche Bewegung des Himmels der wirklichen Bewegung der Erde entgegengesetzt ist, so steht dieses mit dem Zählen der Längen in westlicher Richtung (Art. 88.) völlig im Einklange.

92) Die Sternzeit wird nach der täglichen Bewegung der Sterne, oder vielmehr von dem Punkte im Aequinoctialkreise angerechnet, von welchem aus man die Rectascensionen zählt.

Diesen Punkt kann man als einen Stern betrachten, obschon in der That kein Stern daselbst befindlich ist; und überdieß unterliegt dieser Punkt selbst einer gewissen kleinen Veränderung, die indessen so gering ist, daß sie auf keine merkliche Weise den Zeitraum zwischen zwei auf einander folgenden Durchgängen desselben durch den Meridian afficirt. Dieser Zeitraum heißt ein Sterntag; er wird in 24 Sternstunden, und diese werden wiederum in Minuten und Secunden eingetheilt. Eine Uhr, welche die Sternzeit angiebt, d. h. welche gleichförmig einen solchen Gang hat, daß sie immer 0 Stunden, 0 Minuten, 0 Secunden zeigt, wenn der Nachtgleichenpunkt in den Meridian tritt, heißt eine Sternuhr, und ist ein ganz unentbehrliches Werkzeug auf jeder Sternwarte.

93) Es bleibt nun noch übrig, diese Beschreibungen durch eine Figur zu erläutern. Es sey C (Fig. 10.) der Mittelpunkt der Erde und NCS ihre Axe, so sind N und S ihre Pole und EQ ihr Aequator; AB ist der Parallelkreis der Breite des Standpunktes A auf ihrer Oberfläche; AP, parallel SCN, ist die Richtung, in welcher ein Beobachter bei A den erhabenen Pol des Himmels sieht; und AZ, die Verlängerung des Erdhalbmessers CA, ist die Richtung seines Zeniths. NAES wird sein Meridian seyn; NGS der Meridian eines bestimmten Standpunktes z. B. der von Greenwich; folglich GE, oder der sphärische Winkel GNE, die Länge, und EA die Breite des Standpunktes A. Ist nun ns eine Ebene, welche

die Oberfläche der Erde in A berührt, so wird diese sein scheinbarer Horizont seyn; die Linie nAs, welche der Durchschnitt dieser Ebene mit seinem Meridiane auf ersterer bildet, wird seine Mittagslinie, und n und s werden die Nord- und Südpunkte seines Horizontes seyn.

94) Die Größe der Erde nun aber ganz bei Seite gesetzt, oder den Standpunkt des Beobachters im Mittelpunkte der Erde angenommen, und alles auf den wahren Horizont bezogen, möge Fig. 11. die Himmelskugel vorstellen, C den Beobachter, Z dessen Zenith und N dessen Nadir; so wird HAO, ein größter Kreis der Kugel, dessen Pole Z und N sind, sein Himmelshorizont seyn. P der erhabene, und p der deprimirte Weltpol; HP die Polhöhe, und HPZEO sein Meridian; ETQ, ein größter Kreis senkrecht auf Pp, wird der Aequinoctialkreis seyn; und wenn Y den Nachtgleichenpunkt bezeichnet, so wird YT die Rectascension, TS die Declination und PS der Polarabstand eines Sternes, oder Himmelskörpers S seyn, der durch den Stundenkreis PSTp auf den Aequinoctialkreis bezogen wird; und BSD wird der Tagekreis seyn, welchen der Stern um den Pol beschreibt. Beziehen wir ihn durch den Vertikalkreis ZSM auf den Horizont, so wird HM sein Azimuth, MS seine Höhe, und ZS sein Zenithabstand seyn. H und O sind der Nord- und Südpunkt, e und w der Ost- und Westpunkt seines Horizontes oder des Himmels. Sind nun Hh und Oo kleine Kreise, oder Parallelkreise der Declination, welche den Horizont in seinen Nord- und Südpunkten berühren, so wird Hh der Kreis der beständigen Sichtbarkeit seyn, und alle zwischen demselben und dem erhabenen Pole befindlichen Sterne werden niemals untergehen; eben so wird Oo der Kreis der beständigen Verborgenheit seyn, und alle zwischen ihm und dem deprimirten Pole liegenden Sterne werden niemals aufgehen. In der ganzen Zone des Himmels zwischen Hh und Oo gehen die Sterne auf und unter, so daß z. B. ein Stern S in demjenigen Theile seines

Tagekreises, welcher durch aBA bezeichnet ist, über dem Horizonte und in dem Theile ADa unter dem Horizonte sich befindet. Es wird zur Uebung des Lesers dienen, diese Figur für mehrere verschiedene Polhöhen, und für verschiedene Lagen des Sternes S in jeder derselben, zu construiren. Aus diesen Erklärungen ergeben sich nachstehende Folgerungssätze, welche der Leser leicht auffassen wird. —

95) Die Höhe des erhabenen Poles ist gleich der Breite des geographischen Standpunktes des Beobachters. Denn vergleicht man die Figuren der Art. 93. und 94. (Fig. 10. und 11.), so ergiebt sich, daß der Winkel zwischen dem Pole und Zenith (PAZ in der einen, und PCZ in der andern Figur), welcher das Complement oder die Ergänzung der Polhöhe zu 90° ist, gleich ist dem Winkel NCA in der ersten Figur, indem CN und AP Parallellinien sind, deren verschwindender Punkt der Pol ist. Nun ist aber NCA das Complement der Breite des Standpunktes A zu 90°.

96) Dieselben Sterne kommen, bei ihrem täglichen Umlauf, successiv in den Meridian jedes Ortes auf der Erdkugel, und zwar in 24 Sternstunden einmal. Und da der tägliche Umlauf gleichförmig ist, so wird der Zeitraum in Sternzeit, welcher verfließt, bis derselbe Stern von dem Meridiane eines Ortes zu dem eines andern kommt, durch die Differenz der Ortslängen gemessen.

97) Umgekehrt ist die Zwischenzeit, welche zwischen dem Durchgang zweier verschiedenen Sterne durch den Meridian eines und desselben Ortes verfließt, in Sternzeit ausgedrückt, das Maas der Differenz der Rectascensionen dieser Sterne.

Darin liegt der Grund der doppelten Eintheilung des Aequators und des Aequinoctialkreises in Grade und Stunden.

98) Der Aequinoctialkreis schneidet den Horizont in den Ost- und Westpunkten, und den Meridian in einem Punkte, dessen Höhe gleich ist der Ergänzung der Ortsbreite. So beträgt z. B. zu Greenwich die Höhe des Durchschnittspunktes des Aequinoctialkreises und Meridianes 38° 31′ 20″.

99) Alle Himmelskörper culminiren (d. i. sie erlangen ihre größten Höhen) im Meridian. Dieses ist deshalb die beßte Stellung, um sie zu beobachten, weil sie hier die wenigsten Störungen von den Ungleichheiten und Dünsten der Atmosphäre erleiden, auch ihr Ort durch die Strahlenbrechung am wenigsten verrückt wird.

100) Alle Himmelskörper innerhalb des Kreises der beständigen Sichtbarkeit kommen, bei jedem täglichen Umlaufe, zweimal über dem Horizonte in den Meridian, einmal über und einmal unter dem Pole. Dieses sind ihre oberen und unteren Culminationen.

101) Wir wollen dieses Capitel damit schließen, daß wir die Aufmerksamkeit des Lesers auf eine Thatsache lenken, über die er, wenn er sie hier zum erstenmale erfährt, sich unfehlbar wundern wird, nämlich, daß die Sterne durch Fernröhre am Tage eben so wohl, als des Nachts, beständig sichtbar sind, und daß man, im Verhältniße zur optischen Kraft des Instrumentes, nicht allein die größten und glänzendsten derselben, sondern sogar diejenigen von geringerem Glanze und solche, welche dem bloßen Auge des Nachts sich kaum bemerkbar machen, selbst zur Mittagszeit leicht auffinden und verfolgen kann (außer in demjenigen Theile des Himmels, welcher der Sonne sehr nahe liegt), sobald man nur die Mittel besitzt, ein Fernrohr genau nach den gehörigen Stellen zu richten. Ja man kann sogar solche helle Sterne, welche durch das Zenith gehen, vom Boden sehr tiefer, enger Gruben, z. B. aus einem Brunnen, oder aus dem Schachte eines Bergwerkes, mit unbewaffneten Augen erkennen, und der Verfasser hat es selbst aus dem Munde eines berühmten Optikers vernommen, daß die erste Veranlassung, die seine Aufmerksamkeit auf die Astronomie lenkte, die regelmäßige Wahrnehmung eines bedeutenden Sternes durch die Röhre eines Schornsteins mehre Tage nacheinander zu einer gewissen Stunde, gewesen sey.

Zweites Capitel.

Von der Natur der astronomischen Instrumente und von den Beobachtungen im Allgemeinen. — Von Stern- und Sonnenzeit. — Von der Zeitmessung. — Pendeluhren, Chronometer, Mittagsfernrohr. — Von der Messung der Winkelabstände. — Anwendung des Fernrohrs bei Instrumenten, die zur Messung der Winkel bestimmt sind. — Vom Mauerkreise. — Bestimmung der Polar- und Horizontalpunkte an demselben. — Wasserwaage. — Bleiloth. — Künstlicher Horizont. — Collimator. — Von zusammengesetzten Instrumenten mit coordinirten Kreisen. — Das Aequatoreal. — Das Azimuthal- und Höheninstrument. — Vom Sextanten und Reflexionskreise. — Princip der Repetition oder Multiplication der Winkel.

102) Unser erstes Capitel ist hauptsächlich der Erwerbung vorläufiger Begriffe von der Kugel, auf welcher wir wohnen, von ihrer Beziehung zu den sie umgebenden Himmelskörpern, und von den physischen Umständen, unter welchen alle astronomischen Beobachtungen angestellt werden müssen, wie auch dem Zwecke gewidmet gewesen, eine Menge technischer Ausdrücke kennen zu lernen, die in der Folge sehr häufig und gewöhnlich vorkommen. Wir könnten nun zu einer genauern und ausführlichern Auseinandersetzung der Thatsachen und Theorien in der Astronomie übergehen; um dieses aber mit dem beßten Erfolge zu thun, ist es

wünschenswerth, daß der Leser mit den Hauptmitteln bekannt werde, welche die Astronomen besitzen, um mit demjenigen Grade von Genauigkeit, den ihre Theorieen erheischen, die Data zu bestimmen, auf welche sie ihre Folgerungen gründen, d. h. mit andern Worten, durch Messung die scheinbaren und wirklichen Größen auszumitteln, mit welchen sie sich beschäftigen. Nur wenn er sich im Besitze dieser Kenntniße befindet, kann er vollkommen entweder die Wahrheit der Theorieen selbst, oder den Grad des Vertrauens ermessen, welches man, vor näherer Prüfung, auf irgend eine ihrer Folgerungen setzen darf; denn nur, wenn er weiß, welchen Betrag eines Fehlers man zuverlässig bemerken und scharf messen kann, ist er im Stande, sich zu überzeugen, ob eine Theorie in ihren numerischen Ergebnissen eine so genaue Annäherung an die wirklichen Erscheinungen gewährt, daß er berechtigt ist, sie als eine wahrhafte Darstellung der Natur anzunehmen.

103) Die Verfertigung der astronomischen Instrumente kann man mit Recht, unter den mechanischen Künsten, als die am höchsten verfeinerte und als diejenige betrachten, in welcher die größte Annäherung an geometrische Genauigkeit erfordert wird, und auch wirklich erreicht worden ist. Wer mit den erforderlichen Subtilitäten nicht bekannt ist, kann es zwar für leicht halten, einen Kreis aus Metall zu drehen, seine Peripherie in 360 gleiche Theile und diese wieder in kleinere Unterabtheilungen zu theilen, ihn genau zu centriren, und für eine gegebene Stellung scharf zu berichtigen; aber in der Praxis findet es sich, daß dieses eine der schwierigsten Aufgaben ist. Dieses wird auch keinen befremden, sobald man in Erwägung zieht, daß, in Folge der Anwendung der Fernröhre für die Zwecke der Winkelmessung, jede Unvollkommenheit der Structur, oder der Theilung, durch die ganze optische Kraft eines solchen Instrumentes vergrößert wird; und daß auf diese Weise nicht allein directe Fehler der Ausführung, welche von Unsicherheit der Hand oder von unvollkommenen Werkzeugen herrühren, sondern auch diejenigen Ungenauigkeiten, die aus viel weniger zu ver-

meidenden Ursachen entspringen, — z. B. aus ungleicher Ausdehnung und Zusammenziehung der Metallmassen bei Veränderung der Temperatur, und aus ihrer unvermeidlichen Biegung in Folge ihrer eigenen Schwere, — bemerklich und meßbar werden. Ein Winkel von 1 Minute nimmt auf der Peripherie eines Kreises von 10 Zoll Halbmesser nur etwa $\frac{1}{350}$ eines Zolles, mithin eine Quantität ein, welche zu klein ist, um ohne Anwendung von Vergrößerungsgläsern *mit Zuverlässigkeit* behandelt werden zu können; und doch ist 1 Minute bei der astronomischen Messung eines Winkels schon eine ansehnliche Größe. Mit den jetzt auf den Sternwarten gebräuchlichen Instrumenten ist man im Stande, 1 Sekunde, oder den 60sten Theil einer Minute, deutlich zu erkennen und zu schätzen. Nun ist der Kreisbogen, welchen 1 Secunde einnimmt, weniger, als $\frac{1}{200'000}$ des Halbmessers, so daß er auf einem Kreise von 6 Fuß Durchmesser keine größere Linearextension hat, als $\frac{1}{5700}$ Zoll, und um diese Quantität nur zu erkennen, bedarf man schon eines starken Mikroskopes. Es kann sich demnach nun wohl Jeder die Schwierigkeit denken, die damit verbunden ist, auf die Peripherie eines metallenen Kreises von solchen Dimensionen, (angenommen, die Schwierigkeit seiner Anfertigung sey überwunden) 360 erkennbare Zeichen, Punkte oder Theilstriche zu machen, die innerhalb so außerordentlich kleiner Grenzen an ihrer richtigen Stelle sich befinden; nichts zu erwähnen von den Unterabtheilungen der Grade, die in Minuten und diese wieder in Secunden eingetheilt sind. Ein solches Werk ist wahrscheinlich der äußersten Anstrengung menschlicher Kunst- und Betriebsamkeit noch nicht gelungen, und wird auch wahrscheinlich immer unerreicht bleiben; und selbst, wenn es ausgeführt wäre, könnte es nicht von Dauer seyn. Die immer wechselnden Schwankungen der Wärme und Kälte tragen dazu bei, nicht allein temporäre und vorübergehende, sondern permanente und sich nicht ausgleichende Veränderungen der Form in allen beträchtlichen Massen derjenigen Metalle hervorzubringen, die allein für solche Zwecke anwendbar sind; und die eigene Schwere der

Instrumente, wie symmetrisch sie auch gebaut seyn mögen, wird immer ungleichmäßig unterstützt werden, da es unmöglich ist, die unterstützende Kraft an jedem Theile besonders anzubringen. Und selbst, wenn dieses geschehen könnte, so muß doch jedenfalls eine gewisse Kraft angewendet werden, um die Instrumente zu bewegen und zu befestigen, was nie geschehen kann, ohne temporäre, ja vielleicht gar permanente Veränderungen der Form hervorzubringen. Zwar hat man dadurch, daß man die Theilung solcher Kreise von ihren eigenen Mittelpunkten aus und an denselben Plätzen veranstaltet, die sie für immer behalten sollen, und noch durch tausend andere sinnreiche und feine Erfindungen, in diesem Theile der Kunst beinahe Wunder vollbracht, und nicht allein wirklichen Meisterstücken, sondern auch zu gewöhnlichem Gebrauche bestimmten Instrumenten von mäßigen Preisen und Dimensionen einen Grad der Vollendung gegeben, der, alles in Anschlag gebracht, in der That Erstaunen erregen muß. Aber wenn wir auch berechtigt sind, aus den Händen wissenschaftlicher Künstler bewundernswerthe Werke zu erwarten, so können wir doch keine wirklichen Wunder von ihnen verlangen. Die Anforderungen des Astronomen werden immer das Vermögen des Künstlers überschreiten, und es muß deshalb das Streben des ersteren beständig darauf gerichtet seyn, sich von den Mängeln jeder Arbeit, die letzterer ihm liefern kann, so viel als möglich unabhängig zu machen. Er muß folglich dahin trachten, seine Beobachtungen so zu combiniren, günstige Umstände so zu wählen, und sich mit allen Ursachen, welche irgend eine Veränderung im Instrumente hervorbringen könnten, und mit allen Eigenthümlichkeiten der Structur und des Materials eines jeden Instrumentes, welches er besitzt, so vertraut zu machen, daß er durch ihre Fehler nicht irre geleitet werden kann, sondern im Stande ist, aus ihren Indicationen, so weit es möglich ist, alles Richtige herauszuziehen und das Irrige zu verwerfen. Darin eben besteht die Kunst des practischen Astronomen, — eine Kunst, die an und für sich von zarter und verwickelter

Natur ist, und von welcher wir hier nur einige hauptsächliche und allgemeine Züge angeben können.

104) Da der praktische Astronom von allen Dingen nach der numerischen Richtigkeit der Resultate der mit den Instrumenten angestellten Messungen strebt, so muß seine beständige Sorge und Wachsamkeit auf die Entdeckung und Ausgleichung der Fehler gerichtet seyn, indem er letztere entweder vernichtet, oder sie in Anschlag und in Rechnung bringt. Wenn wir nun die Quellen untersuchen, aus welchen bei irgend einer Instrumentalbestimmung Fehler entspringen können, so werden wir finden, daß sie sich unter drei Hauptrubriken bringen lassen: —

105) 1. Aeußere oder zufällige Ursachen von Fehlern, worunter solche begriffen sind, die von äußeren, unvermeidlichen Umständen herrühren. Hierher gehören z. B. Schwankungen in der Atmosphäre, welche den Betrag der Refraction, wie man ihn in den Tafeln angegeben findet, verändern, und, da sie sich auf kein bestimmtes Gesetz zurückführen lassen, Ungewißheit über den Betrag ihrer möglichen Größe erzeugen; ferner solche Umstände, die, mit einer Veränderung der Temperatur der Luft, auch die Form und Stellung der gebrauchten Instrumente verändern, weil die relative Größe und die Spannung ihrer Theile durch sie geändert wird; und noch mehrere andere ähnlicher Art.

106) 2. Fehler der Beobachtung, die z. B. aus Unerfahrenheit, fehlerhaftem Sehen, Langsamkeit im Auffassen des eigentlichen Momentes, in welchem eine Erscheinung eintritt, oder Hastigkeit im Anticipiren desselben u. s. w. entspringen; ferner aus atmosphärischer Undeutlichkeit aus unzulänglicher optischer Kraft des Instrumentes, und dergleichen mehr. Unter diese Rubrik kann man auch alle Fehler bringen, die aus momentanen Verrückungen der Instrumente, z. B. aus Verschiebungen beim Festklemmen, aus Lockerheit der Schrauben u. s. w. entstehen.

107) 3. Die dritte und bei weitem die zahlreichste Classe von Fehlern, die bei astronomischen Messungen vorkommen können, entspringen aus Ursachen, die man

den Instrumenten zuschreiben und wiederum in zwei Hauptclassen theilen kann. Die erste Classe umfaßt alle diejenigen Fehler, welche daraus hervorgehen, daß ein Instrument nicht ganz das ist, wofür es ausgegeben wird, was also ein Fehler der Ausführung ist. Hierher ist zu rechnen, wenn z. B. ein Zapfen oder eine Axe, statt, wie es sich gehört, genau cylindrisch zu seyn, etwas abgeplattet, oder elliptisch ist; wenn er nicht genau concentrisch mit dem Kreise ist, den er trägt (was er durchaus seyn soll); wenn ein sogenannter Kreis nicht genau kreisförmig ist, oder nicht in einer Ebene liegt; wenn seine Theilungen, die genau gleich weit von einander entfernt seyn müssen, in der Wirklichkeit diese Eigenschaft nicht besitzen; und noch hundert andere Dinge derselben Art. Dieses sind nicht blos eingebildete Fehlerquellen, sondern wirkliche Plagen, mit denen jeder Beobachter zu kämpfen hat.

108) Die andere Abtheilung von Fehlern der Instrumente umfaßt solche, die daraus hervorgehen, daß ein Instrument nicht in die Stellung gebracht worden ist, die es haben sollte; und daß diejenigen seiner Theile, die absichtlich beweglich gemacht worden sind, nicht die gehörige Anordnung unter sich haben. Dieses sind Fehler der Aufstellung. Manche sind unvermeidlich, indem sie aus allgemeiner Unstetigkeit des Bodens, oder des Gebäudes hervorgehen, in welchem die Instrumente aufgestellt sind. Dieser Umstand, obgleich er zu unbedeutend ist, um in jeder andern Beziehung Berücksichtigung zu verdienen, kommt doch in Anschlag bei genauen astronomischen Beobachtungen. Andere Fehler sind wiederum Folgen unvollkommener Ausführung, z. B. wenn ein Instrument, welches einmal vollkommen berichtigt ist, es nicht bleibt, sondern sich Abweichungen und Verrückungen zu Schulden kommen läßt. Aber der wichtigste in dieser Classe der Fehler entspringt daraus, daß man keine anderen natürlichen Merkmale hat, als diejenigen, welche die astronomischen Beobachtungen selbst darbieten, ob nämlich ein Instrument die richtige Lage gegen den Horizont und seine Hauptpunkte, gegen die Erdaxe, oder gegen son-

stige astronomische Hauptlinien und Kreise habe, oder nicht, die es doch besitzen muß, um seinen Zwecken gehörig entsprechen zu können.

109) Was nun die beiden ersten Classen von Fehlern betrifft, so muß bemerkt werden, daß sie, insoferne sie nicht auf bekannte Gesetze zurückgeführt und dadurch Gegenstände der Berechnung und Berücksichtigung werden können, die Resultate aller Beobachtungen, bei welchen sie vorkommen, in der That um ihren vollen Betrag fehlerhaft machen. Da sie indessen ihrer Natur nach zufällig sind, so fallen ihre Wirkungen nothwendig bald auf diese, bald auf jene Seite, indem sie nämlich manchmal dazu beitragen, die Resultate zu vermindern, und manchmal, sie zu vergrößern. Deshalb kann man diese Classe von Fehlern auf die Weise beseitigen, daß man die Beobachtungen, unter verschiedenartigen Umständen, sehr vervielfältigt, und den mittlern Durchschnitt ihrer Resultate nimmt, so daß die Fehler sich einander aufheben, und irgend einen theoretischen, oder praktischen Schluß nicht auf eine merkliche Weise fehlerhaft werden lassen. Dieses ist gegen solche Fehler das große und wirklich einzige Hülfsmittel, welches nicht allein der Astronom anwendet, sondern jeder, der in irgend einem Fache physischer Forschung numerische Resultate zu erlangen sucht.

110) Was die Fehler der Berichtigung und der Ausführung der Instrumente anlangt, so muß man nicht allein die Möglichkeit, sondern die Gewißheit ihres Vorhandenseyns, in jeder denkbaren Gestalt, bei allen Instrumenten voraussetzen. Menschliche Hände oder Maschinen, bildeten nie einen Kreis, zogen nie eine gerade Linie oder errichteten ein Perpendikel, ganz genau, noch berichtigten sie ein Instrument ganz vollkommen, außer durch Zufall, und auch dann nur für einen Augenblick. Dieses hindert indessen nicht, daß eine große Annäherung an alle diese Anforderungen erreicht werde. Es ist aber eine Eigenthümlichkeit der astronomischen Beobachtung, daß sie das letzte Mittel der Entdeckung aller mechanischen Mängel ist, die bei ihrer Kleinheit jeder andern Entdeckungsweise

entgehen. Was das Auge nicht erkennen, und das Gefühl nicht empfinden kann, vermag eine Reihe astronomischer Beobachtungen völlig zu offenbaren.

Die unvollkommenen Erzeugnisse menschlicher Hände werden hier auf die Weise geprüft, daß man sie mit den vollkommenen Werken der Natur vergleicht, und kein einziges wird in dieser Prüfung bestehen. Nun möchte es aber den Anschein haben, als argumentire man in einem fehlerhaften Kreise, wenn man theoretische Folgerungen und Gesetze aus den Beobachtungen ableitet, und sie dann auf die Instrumente anwendet, mit welchen diese Beobachtungen gemacht worden sind, um dieselben als unvollkommen darzustellen, und ihre Fehler mittelst derselben Gesetze und Theorieen, zu deren Kenntniß sie uns verholfen haben, zu entdecken und zu berichtigen. Einige Ueberlegung wird aber zur Genüge zeigen, daß ein solcher Gang des Verfahrens ganz gesetzmäßig ist.

111) Die Schritte, durch welche wir zu den Gesetzen der Naturerscheinungen gelangen, und ganz besonders zu solchen, deren Bestätigung von numerischen Bestimmungen abhängt, sind nothwendig successiv. Zu groben Resultaten und handgreiflichen Gesetzen gelangt man durch kunstlose Beobachtungen mit plumpen Instrumenten, oder auch ohne alle Instrumente; und diese werden nun berichtigt und verfeinert durch genauere Prüfung mit feinern Hülfsmitteln. Während dieses geschieht, stößt man auf untergeordnete Gesetze, welche sowohl den Wortausdruck als die numerischen Resultate derer modificiren, die zuerst von uns erkannt wurden; und wenn diese verfolgt und bis zur Gewißheit gebracht sind, so reihen sich denselben wieder andere untergeordnete an, welche sofort Gegenstände weiterer Untersuchung werden. Nun ist es ohne Ausnahme der Fall (und der Grund davon ist einleuchtend), daß der erste Schimmer, den wir von solchen untergeordneten Gesetzen auffassen, oder die erste Form, in welcher sie sich dunkel in unserer Seele abspiegeln, immer die der Irrthümer ist. Wir bemerken einen Widerspruch zwischen dem, was wir erwarten, und dem, was wir fin-

den. Das erste Vorkommen eines solchen Widerspruches schreiben wir dem Zufalle zu. Aber wir stoßen abermals und nochmals auf diesen Widerspruch, und fangen nun an, gegen unsere Instrumente Verdacht zu schöpfen. Wir untersuchen nun, wie viel der Fehler betragen könne, dem ihre Bestimmungen möglicher Weise ausgesetzt sind. Wenn die Grenze des möglichen Fehlers derselben die beobachtete Abweichung überschreitet, so verdammen wir sogleich das Instrument, und fangen an, seine Einrichtung, oder seine Berichtigungen, zu verbessern. Immer aber kommen noch dieselben Abweichungen vor, und, statt daß sie beseitigt seyn sollten, treten sie noch deutlicher und schärfer, als früher, hervor. Wir sind nun sicher, einem Naturgesetze auf der Spur zu seyn, und verfolgen es, bis wir dasselbe auf einen bestimmten Ausdruck gebracht, und durch wiederholte, unter den mannichfaltigsten Umständen angestellte, Beobachtungen als richtig erkannt haben.

112) Während dieser Untersuchung kann es nicht fehlen, daß andere Widersprüche sich uns bemerklich machen. Der Erfahrung nach schließen wir wieder auf ein noch unbekanntes Naturgesetz; wir bringen die Resultate unserer Beobachtungen in tabellarische Uebersicht; und wir bemerken während dieser Arbeit bestimmte Anzeichen von einem regelmäßigen Fortschreiten. Wir verbessern oder verändern abermals unsere Instrumente, und verlieren jetzt dieses vermuthete neue Naturgesetz ganz aus den Augen, oder finden statt dessen ein anderes von ganz verschiedenem Charakter. Dadurch werden wir bestimmt, die Ursache für das, was wir bemerkt haben, im Instrumente zu suchen. Wir prüfen deshalb die Theorie unseres Instrumentes; wir vermuthen Fehler in seinem Bau, und mit Hülfe der Geometrie untersuchen wir, in wie weit ihr Einfluß wirkliche Fehler in die Indicationen des Instrumentes bringen könne. Diese Fehler haben ihre Gesetze, welche, so lange wir keine Ursachen kennen, die uns in dieser Beziehung leiten, mit Naturgesetzen verwechselt werden können, und in ihren Wirkungen mit ihnen vermischt werden. Sie entstehen nicht von ungefähr, gleich Feh-

lern der Beobachtung, sondern da sie aus Ursachen entspringen, die dem Instrumente eigenthümlich sind, und die so lange unverändert bleiben, als das Instrument und seine Berichtigungen nicht geändert werden, so lassen sie sich auf bestimmte und festzustellende Formen zurückführen; denn jeder besondere Fehler der Structur oder der Berichtigung erzeugt eine ihm eigenthümliche Form des Fehlers. Wenn diese nun sämmtlich untersucht sind, so erkennen wir unter ihnen einen, der hinsichtlich seiner Natur und seines Fortschreitens mit demjenigen unserer beobachteten Abweichungen ganz übereinstimmt. Das Geheimniß ist mit einemmale aufgeschlossen: wir haben, durch directe Beobachtung, einen Fehler des Instrumentes entdeckt.

113) Es ist deshalb für den praktischen Astronomen ein Haupterforderniß, sich mit der Theorie seiner Instrumente völlig vertraut zu machen, so daß er im Stande ist, fogleich zu entscheiden, welche Wirkung irgend eine gegebene Unvollkommenheit der Structur, oder der Berichtigung, auf seine Beobachtungen, bei irgend gegebenen Umständen, unter welchen eine Beobachtung gemacht werden kann, haben müsse. Angenommen z. B., es erfordere das Princip eines Instrumentes, daß ein Kreis genau concentrisch mit der Axe sey, auf welcher er sich umdreht. Da dieses eine Bedingung ist, die kein Kunstwerk erfüllen kann, so wird es nothwendig, zu untersuchen, welche Fehler, durch irgend eine bestimmte Abweichung in dieser Hinsicht, bei Beobachtungen, mit einem solchen Instrumente angestellt, entstehen werden, d. h. nämlich, wie groß der Unterschied zwischen Beobachtungen mit diesem und einem absolut vollkommenen Instrumente, wenn ein solches zu haben wäre, seyn würde. Nun zeigt ein einfaches Theorem der Geometrie, daß, welches auch die Größe dieser Abweichung seyn möge, sie in ihrer Wirkung auf das Resultat von Beobachtungen, die von der Graduirung des Kreislimbus abhängen, vernichtet werden könne, und zwar durch das sehr leichte Mittel, die Theilungen an zwei diametral gegenüber liegenden Punkten des Kreises abzulesen,

und daraus das Mittel zu nehmen; denn die Wirkung der Excentricität besteht immer darin, eine solche Ablesung gerade um dieselbe Quantität zu vermehren, um welche sie die andere vermindert. Ferner angenommen, der eigenthümliche Gebrauch dieses Instrumentes erfordere, daß seine Axe genau der Erdaxe parallel sey. Da sie nun niemals so gelegt werden, oder so bleiben kann, so fragt es sich, wie groß der Fehler sey, der beim Gebrauche des Instrumentes durch irgend eine bestimmte Abweichung, (entweder in einer horizontalen oder in einer vertikalen Ebene) von jener genauen Lage entstehen kann. Dergleichen Untersuchungen bilden die Theorie der Instrumentalfehler, eine Theorie von der größten Wichtigkeit für die Praxis, und deren vollkommene Kenntniß einen Beobachter in den Stand setzt, selbst mit mäßigen Instrumentalmitteln einen Grad von Genauigkeit zu erreichen, den nur die feinsten und kostbarsten Instrumente scheinen gewähren zu können. In dem gegenwärtigen Werke beschäftigen wir uns indessen mit diesem Punkte nicht weiter. Die wenigen astronomischen Instrumente, die wir in diesem Capitel beschreiben wollen, werden, sowohl rücksichtlich ihrer Construction, als ihrer Berichtigung als vollkommen angenommen.

114) Da die obigen Bemerkungen zum richtigen Verständniß der Philosophie unseres Gegenstandes und des Geistes astronomischer Methoden sehr wesentlich sind, so wollen wir sie durch einen Fall erläutern. Beobachtende Personen hatten schon vor der Erfindung astronomischer Instrumente geschlossen, daß die scheinbaren täglichen Bewegungen der Sterne in Kreisen um feste Pole am Himmel (wie im vorhergehenden Capitel dargethan worden ist) vor sich gehen müßten. Bei dieser Schlußfolgerung war indessen die Strahlenbrechung ganz übersehen worden, oder wenn sie sich durch ihre beträchtliche Größe in der unmittelbaren Nähe des Horizontes ihrer Bemerkung aufgedrungen hatte, so war sie als eine lokale Unregelmäßigkeit betrachtet, und als solche vernachlässigt, oder unberücksichtigt gelassen worden. Sobald man aber die täglichen Bahnen der Sterne

mit Instrumenten, selbst von der plumpsten Art, zu verfolgen sich bemühte, so fand man, daß der Begriff vollkommener Kreise, um einen und denselben Pol beschrieben, keine richtige Darstellung der Erscheinungen gab, sondern daß durch irgend eine Ursache der scheinbare Tagekreis jedes Sternes zu einer Art von Oval verzerrt werde, in welchem das untere Segment mehr abgeplattet ist, als das obere; und daß die Abweichung vom Kreise um so größer werde, je näher der Stern dem Horizonte komme, gerade so, als ob der Kreis von unten aufwärts gedrückt werde, und zwar die unteren Theile mehr, als die oberen. Für eine solche Wirkung, da man bald fand, daß der Grund davon weder dem Zufalle zugeschrieben, noch im Instrumente aufgesucht werden dürfe, mußte man nothwendig eine natürliche Ursache suchen, und man stieß leicht auf die Refraction, womit die Schwierigkeit gehoben war.

Dieser Fall ist in der That demjenigen von der scheinbaren Verzerrung der Sonne am Horizonte, wovon bereits im Art. 47. gesprochen wurde, ganz analog, nur in einem größeren Maaßstabe, und bis auf größere Höhen sich erstreckend. Nachdem dieses neue Gesetz einmal begründet war, mußte man den Ausdruck des vor alten Zeiten Angenommenen modificiren, indem man einen Vorbehalt für die Wirkung der Strahlenbrechung hinzufügte, oder einen Unterschied machte zwischen den scheinbaren Tagekreisen, welche von der Strahlenbrechung afficirt sind, und den wahren, die von dieser Wirkung befreit sind.

115) Der erste Eindruck ferner, den der Anblick der täglichen Bewegung des Himmels hervorbringt, ist der, daß alle Himmelskörper diese Umdrehung in einer gewinschaftlichen Periode, nämlich in einem Tage oder in 24 Stunden vollbringen. Sobald wir aber die Sache mit Hülfe von Instrumenten untersuchen, d. h. wenn wir mit Hülfe von Chronometern ihre auf einander folgenden Eintritte in den Meridian aufzeichnen, so finden wir Differenzen, die sich nicht mehr durch einen Fehler der Beobachtung

erklären lassen. Alle Sterne kehren zwar immer nach demselben Zeitraume wieder zum Meridian, oder zu irgend einem Vertikalkreise zurück; aber dieser Zeitraum ist sehr verschieden von demjenigen, nach welchem die Sonne wieder zurückkehrt. Er ist auffallend kürzer, denn er beträgt nur 23 St. 56 M. 4,09 S., statt 24 Stunden, solche Stunden nämlich, wie sie unsere gewöhnlichen Uhren angeben. Sonach hätten wir denn zwei verschiedene Tage, einen Sterntag und einen Sonnentag; und wenn wir statt der Sonne den Mond beobachten, so finden wir einen dritten, der viel länger ist, als die beiden vorhergehenden, nämlich einen Mondstag, dessen mittlere Dauer 24 St. 54 M. unserer gewöhnlichen Zeit beträgt, welche letztere Sonnenzeit ist, indem sie nothwendig der successiven Rückkehr der Sonne conform seyn muß, als wonach sich alle Geschäfte des Lebens richten.

116) Nun findet man, daß alle Sterne übereinstimmend für den Sterntag genau dieselbe Dauer von 23 St. 56 M. 4,09 S. geben, und wir können deshalb nicht anstehen, diese Zeit als die Periode anzunehmen, in welcher die Erde eine Umdrehung um ihre Axe vollendet. Wir sind demnach genöthigt, die Sonne und den Mond als Ausnahmen vom allgemeinen Gesetze zu betrachten, insofern sie eine von den Sternen verschiedene Natur, oder wenigstens eine von ihnen verschiedene Beziehung zu uns besitzen, und eigenthümliche, wahre oder scheinbare, Bewegungen haben, die von der Umdrehung der Erde um ihre Axe unabhängig sind. Somit ist uns ein großer und höchst wichtiger Unterschied aufgeschlossen.

117) Um diese Thatsachen zu begründen, bedarf es fast keines Apparates. Ein Beobachter braucht sich nur nördlich von einem deutlich begrenzten, vertikalen Gegenstande, z. B. der Ecke eines Gebäudes, zu stellen, und sein Auge genau an einen gewissen festen Punkt (z. B. vor eine kleine Oeffnung in einer an einem unbeweglichen Träger befestigten Metallscheibe)

zu halten, und das tägliche Verschwinden irgend eines Sternes hinter dem Gebäude an einer Uhr *) zu bemerken. Wenn er die Sonne beobachtet, muß er sein Auge mit einem dunkelfarbigen oder mit Rauch angelaufenen Glase schützen, und die beiden Momente bemerken, wann ihr westlicher und östlicher Rand nach einander an die Wand kommen, woraus er, indem er die Hälfte der Zwischenzeit nimmt, den Moment des Verschwindens des Sonnenmittelpunktes erfährt, den er nicht direct beobachten kann.

118) Wenn wir bei Verfolgung und Feststellung dieser allgemeinen Thatsache Veranlassung finden, noch genauer die Zeit des täglichen Eintrittes der Sonne in den Meridian zu beobachten, so fangen wir an, Unregelmäßigkeiten (was sie zuerst zu seyn scheinen) dabei zu bemerken. Die Intervalle zwischen zwei auf einander folgenden Eintritten in den Meridian sind nicht zu allen Zeiten des Jahres dieselben. Sie sind manchmal größer, manchmal kleiner, als 24 solcher Stunden, wie die Uhr sie zeigt, d. h. der Sonnentag hat nicht immer dieselbe Länge. Um die Zeit des 21. Decembers ist er z. B. $\frac{1}{2}$ Minute länger und um eben die Zeit im September beinahe um so viel kürzer, als seine mittlere Dauer. Und so haben wir wieder eine Verschiedenheit bemerkt zwischen dem wirklichen Sonnentage, der sich nie zwei Tage nach einander gleich bleibt, und dem mittlern Sonnentage von 24 Stunden, der eine mittlere

*) Dieses ist ein treffliches praktisches Verfahren, den Gang einer Pendeluhr oder einer andern Uhr auszumitteln, weil es äußerst genau ist, sobald einige Vorsichtsmaßregeln dabei angewendet werden. Die wichtigste davon besteht darin, darauf zu sehen, daß derjenige Theil der Kante, hinter welchem der Stern (und zwar ein glänzender, aber nicht ein Planet) verschwindet, ganz glatt sey, weil sonst eine veränderte Strahlenbrechung den Punkt des Verschwindens von einer Hervorragung in eine Vertiefung versetzen, und dadurch den Moment der Beobachtung ungebührlich ändern könnte. Dem ist leicht vorgebaut, dadurch daß man ein glattkantiges Bret annagelt.

Größe aller einzelnen Sonnentage durchs ganze Jahr ist. Hiermit eröffnet sich uns also abermals eine neue Quelle der Untersuchung. Die scheinbare Bewegung der Sonne ist nicht allein von derjenigen der Sterne verschieden, sondern sie ist auch nicht gleichförmig, wie die Bewegung der letztern. Sie unterliegt Schwankungen, deren Gesetze Gegenstand der Forschung werden. Um aber diese Gesetze zu verfolgen, bedürfen wir schärferer Beobachtungsmittel, als diejenigen, welche wir beschrieben haben, und sind genöthigt, ein Instrument zu Hülfe zu nehmen, welches den Namen des Mittagsfernrohres, oder Passageninstrumentes, führt und besonders für solche Beobachtungen bestimmt ist, wie auch, um genau alle Ursachen von Unregelmäßigkeiten im Gange der Pendeluhren und Chronometer zu bemerken, die auf unsere Berechnung der Zeit Einfluß haben können. So werden wir nach und nach in immer feinere Untersuchungen mit Hülfe von Instrumenten verwickelt; und wir finden bald, daß im Verhältnisse, in welchem wir den Betrag und das Gesetz einer großen oder Hauptschwankung, oder sogenannten Ungleichheit der täglichen Bewegung der Sonne näher ausmitteln, noch andere immer kleinere und kleinere zu unserer Kenntniß kommen, die vorher verborgen, oder mit Fehlern der Beobachtung und Unvollkommenheiten der Instrumente vermischt waren. Man kann, mit einem Worte, die mittlere Länge des Sonnentages nicht übel mit der mittlern oder Durchschnittshöhe des Wassers in einem Hafen, oder dem allgemeinen Niveau des Meeres vergleichen, wenn es weder durch Fluth, noch Wogen in Bewegung gesetzt ist. Die große jährliche, oben erwähnte Schwankung kann mit den täglichen, durch Ebbe und Fluth herbeigeführten, Veränderungen des Wasserstandes verglichen werden (Ebbe und Fluth sind weiter nichts, als große Wogen, die sich über den ganzen Ocean verbreiten), während die kleineren untergeordneten Ungleichheiten den gewöhnlich sogenannten Wellen sich assimiliren lassen, auf welchen wir, wenn sie groß sind, kleinere Undulationen und auf die-

sen wieder noch zartere Kräuselungen, und so fort bis ins Unendliche, bemerken.

119) Mit den Ursachen dieser Unregelmäßigkeiten in der Sonnenbewegung haben wir für jetzt noch nichts zu thun, indem ihre Erklärung einem vorgeschrittenern Theile dieses Werkes angehört; aber den Unterschied zwischen Sonnen- und Sterntagen mußten wir bei Zeiten kennen lernen, und dürfen ihn nie aus dem Auge verlieren, indem er alle Theile der Astronomie durchdringt. Im bürgerlichen Leben ist es, wie bereits erwähnt worden, die mittlere oder Durchschnittslänge des Sonnentages, nach welcher die Zeit berechnet wird. Er beginnt um Mitternacht, aber die Astronomen (wenigstens in England) weichen, selbst wenn sie sich der mittlern Sonnenzeit bedienen, von der bürgerlichen Rechnung darin ab, daß sie ihren Tag um Mittag anfangen, und die Stunden von 0 fortlaufend bis 24 zählen. So entspricht 11 Uhr Vormittags am zweiten Januar, nach bürgerlicher Zeitrechnung, dem ersten Januar und 23 Stunden nach astronomischer Rechnung; und 1 Uhr Nachmittags nach ersterer Rechnung, dem zweiten Januar und 1 Stunde nach letzterer. Dieser Gebrauch hat seine Vortheile und Nachtheile, aber die letztern scheinen das Uebergewicht zu haben, und es würde deshalb gut seyn, wenn es durchgesetzt werden könnte, daß die bürgerliche Rechnungsart der astronomischen substituirt würde.

120) Astronomen und Bürger, welche verschiedene Punkte der Erdoberfläche bewohnen, differiren indessen von einander in ihrer Zeitrechnung, wie es auch nothwendig der Fall seyn muß, wenn man in Erwägung zieht, daß es an einem Orte Mittag ist, während es an dem diametral gegenüber liegenden Mitternacht ist, daß an einem andern Orte die Sonne aufgeht, während sie an einem vierten eben untergeht. Daraus entsteht große Unbequemlichkeit, besonders hinsichtlich solcher Orte, die sehr weit von einander liegen, und wodurch sogar in einigen kritischen Fällen ein Irrthum von einem ganzen Tage veranlaßt werden kann. Um diese Unbequemlichkeit zu beseitigen, hat man neuerdings an-

gefangen, die Zeit nach mittlern Sonnentagen und Theilen eines Tages zu rechnen, welche von einem festen, der ganzen Welt gemeinschaftlichen, Augenblicke anfangen, der nicht durch einen lokalen Umstand, wie Mittag oder Mitternacht, bestimmt wird, sondern durch die Bewegung der Sonne in Bezug auf die Sterne. Auf diese Weise berechnete Zeit heißt Aequinoctialzeit, und sie ist numerisch, in demselben Augenblicke für jeden Theil der Erdkugel dieselbe. Der Ursprung dieser Rechnungsart wird späterhin, wenn wir in unserm Werke weiter vorgeschritten sind, vollständiger erklärt werden.

121) Die Zeit ist ein wesentliches Element bei astronomischen Beobachtungen, und zwar in doppelter Hinsicht: — 1) Als ein Darstellungsmittel der Winkelbewegung. Da die tägliche Bewegung der Erde gleichförmig ist, so beschreibt jeder Stern seinen Tagekreis gleichförmig; und die Zeit, welche zwischen den successiven Durchgängen der Sterne durch den Meridian eines Beobachters verfließt, wird deshalb ein directes Maaß der Differenzen ihrer geraden Aufsteigungen. 2) Als das Fundamentalelement (oder als das unabhängig veränderliche, um uns der Sprache der Geometer zu bedienen) in allen dynamischen Theorieen. Der große Zweck der Astronomie ist die Bestimmung der Gesetze der Bewegungen der Himmelskörper, und der Beziehung derselben auf ihre nahen oder entfernten Ursachen. Nun kann die Angabe des Gesetzes einer beobachteten Bewegung eines Himmelskörpers keine andere seyn, als ein Satz, der darthut, welches die wahre oder scheinbare Lage dieses Himmelskörpers in irgend einer Zeit, sey sie vergangen, gegenwärtig, oder zukünftig, gewesen ist, ist und seyn wird. Um deshalb dergleichen Gesetze mit Beobachtungen vergleichen zu können, muß man ein Verzeichniß der beobachteten Lagen des fraglichen Himmelskörpers und der Zeiten besitzen, zu welchen sie beobachtet wurden.

122) Die Zeitmessung wird bewerkstelliget durch Pendeluhren, Chronometer, Wasseruhren und Sanduhren. In der neuern Astronomie sind die beiden erstern allein

gebräuchlich. Die Sanduhren sind ein plumpes und rohes Mittel, um bestimmte Zeittheile zu messen, oder vielmehr zu zählen, und gegenwärtig ganz außer Gebrauch. Die Wasseruhr, welche die Zeit durch allmählige Entleerung eines großen mit Wasser gefüllten Gefäßes aus einer Oeffnung von bestimmter Größe mißt, ist beträchtlicher Genauigkeit fähig, und besaß, vor der Erfindung der Pendeluhren und Chronometer, allein das Vertrauen der Astronomen. Gegenwärtig hat man sie auch aufgegeben, wegen der größern Bequemlichkeit und Genauigkeit der letztern Instrumente; und nur in einem einzigen Falle ist die Anwendung derselben von neuem vorgeschlagen worden, nämlich, um durch das Ausfließen von Queckſilber aus einer kleinen Oeffnung im Boden eines, bis zu einer bestimmten Höhe beständig voll gehaltenen, Gefäßes sehr kleine Zeittheile genau abzumessen. Der Ausfluß des Queckſilbers wird in dem Momente des Eintritts eines Ereignisses abgesperrt, und dagegen in einen seitwärts befindlichen Recipienten so lange geleitet, bis der Moment eines andern zu notirenden Ereignisses eintritt, wo die Absperrung alsdann plötzlich aufgehoben wird, das Queckſilber folglich wieder seinen ursprünglichen Lauf erhält, und aufhört, in den Recipienten zu fließen. Das Gewicht des aufgefangenen Queckſilbers, verglichen mit dem Gewichte, welches in einem an der Pendeluhr beobachteten Zeitraum aufgefangen worden ist, giebt den Zeitunterschied der beobachteten Ereignisse. Diese sinnreiche und einfache Art, ein Problem, über welches in der neuern Zeit viele Erörterungen stattgefunden haben, mit aller möglichen Schärfe zu lösen, verdanken wir dem Capitän Kater.

123) Die Pendeluhr und die Spindeluhr, mit denjenigen Verbesserungen und Verfeinerungen in ihrem Baue, wodurch sie eigentlich zu Chronometern*) werden, sind indessen die Instrumente, auf welche der Astronom seine Kenntnisse des Verlaufes der Zeit grün-

*) Χρονος, die Zeit; μετρειν, messen.

det. Diese Instrumente sind jetzt zu solcher Vollkommenheit gebracht, daß eine Unregelmäßigkeit in ihrem Gange von dem Betrage einer einzigen Secunde in 24 Stunden während zweier auf einander folgenden Tage bei einem guten Instrumente dieser Art nicht geduldet wird; und man kann also mittelst derselben jeden Zeitraum unter 24 Stunden bis auf einige Zehntheile einer Secunde zuverlässig bestimmen. In dem Verhältnisse, in welchem die Zeiträume größer werden, wird auch die Gefahr eines Fehlers, so wie der Betrag des möglichen Fehlers, größer, weil sich die zufälligen Fehler mehrerer Tage anhäufen können; auch können Ursachen vorhanden seyn, welche eine langsame fortschreitende Veränderung im Gange bewirken, ohne daß sie bemerkt werden. Es ist deshalb nicht sicher, bei der Bestimmung der Zeit sich mehrere Tage nach einander auf Pendeluhren oder Chronometer zu verlassen, ohne sie zu controliren, und ihre Fehler vermittelst solcher Naturereignisse, von denen wir wissen, daß sie einen Tag nach dem andern, und zwar nach gleichen Zwischenzeiten, eintreten, zu bestimmen. Wenn aber dieses geschieht, so können die längsten Zwischenzeiten mit derselben Schärfe, wie die kürzesten, bestimmt werden; weil wir in der That bei so langen Intervallen nur diejenigen Zeiten, welche zwischen dem ersten sowohl als letzten Momente derselben und den Momenten der periodisch wiederkehrenden, zu unsern Vergleichungspunkten angenommenen, Ereignisse liegen, welch letztere aber innerhalb 24 Stunden in Bezug auf jene beiden Momente eintreten, durch künstliche Mittel messen. Die ganzen Tage werden uns von der Natur gezählt, und nur die Bruchtheile an dem einen und dem andern Ende werden durch unsere Uhren gemessen. Die Rechnung der ganzen Tage richtig zu erhalten, so daß keiner verloren geht, oder zweimal gezählt wird, ist der Zweck des Calenders. Die Chronologie bezeichnet die Ordnung der Aufeinanderfolge von Ereignissen, und stellt sie in ihre gehörigen Jahre und Tage, während die Chronometrie, indem sie ihre Bestimmungen auf die genaue Beobachtung von solchen

regelmäßig periodischen Ereignissen gründet, deren Periode sich bequem und genau unterabtheilen läßt, uns in den Stand setzt, mit dem höchsten Grade der Schärfe die Momente zu bestimmen, in welchen sich Erscheinungen ereignen.

124) Die Culmination oder der Durchgang jedes Sternes am Himmel durch den Meridian eines Beobachters bietet letzterem ein solches regelmäßig periodisches Naturereigniß, wie wir angedeutet haben, dar. Die Astronomen benutzen daher die Culminationen der hellsten und am schicklichsten gelegenen Fixsterne, um die Zeit genau zu bestimmen, oder, was auf eins hinauskommt, um den Betrag des Fehlers ihrer Uhren genau auszumitteln.

125) Das Instrument, mit welchem die Culminationen oder Meridian-Durchgänge von Himmelskörpern beobachtet werden, heißt das Passageninstrument oder Mittagsfernrohr. Es besteht (siehe Fig. **12.**) aus einem Fernrohre, welches auf einer horizontalen Axe, die nach den Ost- und Westpunkten des Horizontes gerichtet ist, oder mit der Ebene des Meridians des Beobachtungsortes rechte Winkel bildet, gut befestigt ist. Die Enden der Axe bestehen aus cylindrischen Zapfen von ganz gleichen Durchmessern, und ruhen in metallenen Lagern, welche bei größeren Instrumenten in starke steinerne Pfeiler eingelassen sind und mittelst Schrauben sowohl in vertikaler als horizontaler Richtung äußerst genau berichtigt werden können. Durch die erste Berichtigungsvorrichtung kann die Axe mittelst einer auf ihren Zapfen ruhenden Wasserwaage genau horizontal gestellt, und durch die letzte genau in die Richtung der Ost- und Westpunkte gebracht werden. Dieses letztere läßt sich durch die Beobachtungen selbst, welche mit dem Instrumente angestellt werden, erkennen, oder durch einen deutlich begrenzten terrestrischen Gegenstand, ein sogenanntes Meridianzeichen, dessen richtige Lage ursprünglich durch solche Beobachtungen bestimmt, und welches dann, der Bequemlichkeit wegen, die feine leichte Benutzung gewährt, in großer Entfernung und genau

in derjenigen Mittagslinie, die durch den Mittelpunkt des ganzen Instrumentes geht, permanent errichtet worden ist. Aus dieser Beschreibung erhellt, daß, wenn die Centrallinie des Fernrohres (diejenige, welche die Mittelpunkte seines Objectivglases und Ocularglases verbindet, und die in der Astronomie seine Collimationslinie oder Absehenslinie heißt) einmal zur Axe des Passageninstrumentes genau im rechten Winkel steht, sie nie die Ebene des Meridians verläßt, wenn das Instrument um seine Axe gedreht wird.

126) Im Brennpunkte des Ocularglases, und unter einem rechten Winkel mit der Länge des Fernrohres, ist ein System von einem horizontalen und fünf gleichweit von einander abstehenden vertikalen Fäden oder Drähten (wie in Fig. 13. dargestellt ist) angebracht, die immer im Gesichtsfelde sichtbar sind, sobald sie gehörige Beleuchtung haben, die sie am Tage durch das Licht des Himmels, des Nachts durch das Licht einer Lampe erhalten, die mittelst einer Vorrichtung angebracht ist, welche hier nicht erklärt zu werden braucht. Der Ort dieses Fädensystems kann durch Stellschrauben verändert werden, die ihm eine Seitenbewegung, d. h. eine horizontale Bewegung, mittheilen; und man kann es dadurch in eine solche Stellung bringen, daß der mittlere der Vertikalfäden die Collimationslinie des Fernrohres schneidet, in welcher Lage es dann permanent befestigt wird. Bei dieser Stellung ist nun offenbar der mittlere Faden eine sichtbare Darstellung desjenigen Theils des Himmelsmeridianes, gegen welchen das Fernrohr gerichtet ist; und wenn ein Stern vor diesem Faden im Fernrohre vorübergeht, so culminirt er eben, oder geht durch den Himmelsmeridian. Der Augenblick dieses Ereignisses wird nach der Pendeluhr oder dem Chronometer angemerkt, die ein unentbehrliches Zugehör des Passageninstrumentes sind. Größerer Genauigkeit wegen werden die Durchgangsmomente aller fünf vertikalen Fäden notirt, und daraus ein mittleres Resultat genommen, welches (da die Fäden gleichweit

von einander abstehen) genau mit demjenigen des mittleren Fadens übereinstimmen müßte, wenn alle Beobachtungen vollkommen wären; jenes mittlere Resultat aus sämmtlichen Beobachtungen wird folglich dazu beitragen, die einzelnen Fehler derselben auszugleichen und zu vernichten.

127) Ueber die Art und Weise, wie die Berichtigungen vorzunehmen, und die Fehler zu berücksichtigen sind, welche beim Gebrauche dieses einfachen und zierlichen Instrumentes unvermeidlich bleiben, muß der Leser Werke zu Rathe ziehen, welche diesem Theile der praktischen Astronomie speciell gewidmet sind*). Wir wollen hier nur einer wichtigen Prüfung der Richtigkeit des Instruments erwähnen, welche darin besteht, die Enden der Axe umzukehren, oder sie von Osten nach Westen zu legen. Ist dieses geschehen, und giebt es noch dieselben Resultate, so daß auch der mittlere Faden den nämlichen Punkt am Meridianzeichen durchschneidet: so können wir überzeugt seyn, daß die Collimationslinie des Fernrohres genau einen rechten Winkel mit der Axe bildet, und eine vollkommene Ebene, d. h. am Himmel einen größten Kreis, beschreibt. Bei guten Durchgangsbeobachtungen ist ein Fehler von zwei oder drei Zehnteln einer Zeitsecunde in dem Momente der Culmination eines Sternes das Aeußerste, was befürchtet werden darf, ausschließlich des Fehlers der Pendeluhr; oder mit andern Worten eine Pendeluhr kann durch eine einzige solche Beobachtung mit der täglichen Bewegung der Erde ohne Gefahr eines größern Fehlers verglichen werden. Wenn man daher die Beobachtungen vervielfältigt, so läßt sich ein noch höherer Grad von Genauigkeit erlangen.

128) Die Winkelabstände, welche mit dem Passageninstrumente und der Pendeluhr gemessen werden, sind Bogen des Aequinoctialkreises, welche zwischen

*) Siehe Dr. Pearson's Treatise on Practical Astronomy. Ferner Bianchi Sopra lo Stromento de Passagi. Ephem. di Milano, 1824.

den Declinationskreisen liegen, die durch die beobachteten Himmelskörper gehen; und die Messung derselben wird in diesem Falle durch keine künstliche Eintheilung von Kreisen, sondern mit Hülfe der täglichen Bewegung der Erde bewerkstelligt, welche gleiche Bogen des Aequinoctialkreises in gleichen Zeiten durch den Meridian führt, so daß 15° auf eine Sternstunde kommen. In allen andern Fällen, wo Winkelabstände gemessen werden sollen, bedarf man der Kreise, oder Theile von Kreisen, welche aus Metall, oder anderem festen und dauerhaften Material verfertigt, und durch mechanische Mittel in gleiche Theile, z. B. in Grade, Minuten u. s. w., eingetheilt werden.

Es sey ABCD (Fig. 14.) ein solcher durch Striche oder Punkte in 360 Grade getheilter Kreis (welche Grade, von 0° anfangend, am Umfange herum bis wieder zu demselben Punkte laufen), und derselbe sey durch Strahlen oder Speichen x, y, z, welche am Umfange oder Limbus des Kreises gut befestigt sind, mit seinem Mittelpunkte verbunden. Durch diesen sey ein kreisrundes Loch gebohrt, in welchem sich ein genau in dasselbe passender Zapfen bewegt, der ein Fernrohr, oder ein Absehen, trägt, dessen Axe ab der Ebene des Kreises genau parallel, oder zum Zapfen perpendiculär ist; auch die beiden Arme m, n sind perpendiculär zum Zapfen, und bilden mit dem Fernrohre und der Zapfenaxe ein einziges Stück, so daß die Bewegung dieser Axe im Mittelpunkte sowohl das Fernrohr als die Arme sanft am Kreise herumführt, und man dieselben an jedem beliebigen Punkte der Peripherie mittelst einer Klammer festhalten kann. Angenommen nun, wir sollen den Winkelabstand zweier fixen Gegenstände S und T messen, so muß die Ebene des Kreises zuerst so gestellt werden, daß sie durch beide Gegenstände geht. Nachdem dieses geschehen ist, richte man die Axe ab des Fernrohrs nach einem dieser Gegenstände S, und stelle sie mittelst der Klammer fest. Alsdann wird ein Zeiger am Arme m entweder ganz genau mit einem der Theilstriche des Limbus zusammentreffen, oder zwischen zwei neben einan-

der liegende Striche hinzeigen. In ersterem Falle muß dieser Theilstrich als die Ablesung des Armes m notirt werden. Im letztern Falle muß der Bruchtheil des ganzen Zwischenraumes zwischen den zwei auf einander folgenden Theilstrichen, um welchen nämlich der Zeiger am Arme m den zunächst vorhergehenden Theilstrich überschreitet, durch mechanische oder optische Hülfsmittel geschätzt oder gemessen werden. (Siehe Art. 130.) Nachdem der Theilstrich sammt dem zugehörigen Bruche notirt und in Grade, Minuten und Secunden verwandelt ist, wird dieses Resultat als die Ablesung des Limbus, der dieser Lage des Fernrohrs ab entspricht, in welcher dasselbe auf den Gegenstand S gerichtet ist, niedergeschrieben. Dasselbe muß alsdann für den Gegenstand T geschehen; es muß nämlich das Fernrohr auf denselben gerichtet, und der Limbus abgelesen werden. Es liegt nun auf der Hand, daß, wenn die kleinere dieser Ablesungen von der größern abgezogen wird, ihre Differenz den Winkelabstand von S und T giebt, wie derselbe vom Mittelpunkte des Kreises aus gesehen wird, an welchem Punkte des Limbus der Anfang der Gradeintheilung oder der Punkt 0° auch liegen möge.

129) Ganz dasselbe Resultat wird erlangt, wenn man, statt das Fernrohr auf dem Kreise sich bewegen zu lassen, es unbeweglich mit demselben verbindet, und beide zusammen auf einer mit dem Kreise concentrischen und mit ihm ein Ganzes bildenden Axe in einer Büchse sich drehen läßt, welche fest steht und so eingerichtet ist, daß die erwähnte Axe genau in dieselbe paßt. Eine solche Zusammensetzung ist in Fig. 15. im Durchschnitte dargestellt. T ist das Fernrohr oder Absehen, bei p p auf dem Kreise AB befestigt, dessen Axe D in dem festen metallenen Lager E sich dreht, von welchem aus ein Arm F an den Kreis läuft und an seinem Ende einen Zeiger trägt, der scharf auf die Eintheilung des Kreises bei B zeigt, so daß man sie genau ablesen kann. Es leuchtet nun ein, daß sowie das Fernrohr und der Kreis sich durch einen Win-

kel drehen, derjenige Theil des Kreislimbus, welcher durch diese Umdrehung über den Zeiger F hinaus geführt worden ist, den beschriebenen Winkel messen wird. Dieses ist die gebräuchlichste Art, eingetheilte Kreise in der Astronomie anzuwenden.

130) Der Index F kann entweder ein einfacher Zeiger, ähnlich einem Uhrzeiger a (Fig. 16.), oder ein Vernier b, oder endlich ein zusammengesetztes Mikroskop c seyn, welches bei d im Durchschnitte dargestellt ist, und das im gemeinschaftlichen Brennpunkte seines Objectivs und Oculars ein Fadenkreuz hat, welches mittelst einer Schraube von seinen Gängen beweglich ist, so daß der Durchschnitt des Kreuzes mit dem Bilde des nächsten Theilstriches auf dem Kreislimbus genau zur Coincidenz gebracht werden kann.

Aus der Zahl der Umgänge und der Theile eines Umganges der Schraube, welche für den letzteren Zweck erforderlich sind, kann man sodann den Abstand dieses Theilstriches vom Anfangs- oder Nullpunkte des Mikroskopes bestimmen. Dieser einfache, aber sehr feine Apparat gestattet, den eingetheilten Limbus eines Kreises mit einer Genauigkeit abzulesen, welche nur durch die Vergrößerungskraft des Mikroskopes und durch den Grad der Vollkommenheit, in welcher eine solche Schraube verfertigt werden kann, begrenzt wird, und er macht es möglich, die Unterabtheilungen der Winkel mit derselben optischen Zuverlässigkeit, zu bestimmen, mit welcher die Winkel selbst, durch die Anwendung eines Fernrohres, gemessen werden können.

131) Die Genauigkeit des auf diese Weise erhaltenen Resultates hängt ab 1) von der Bestimmtheit und Schärfe, mit welcher das Fernrohr a b auf die Objecte gerichtet werden kann; 2) von der Genauigkeit der Eintheilung des Limbus; 3) von der Genauigkeit, mit welcher die Unterabtheilung der Intervalle zwischen je zwei neben einander liegenden Theilstrichen ausgeführt werden kann. Die Art und Weise, wie letzteres mit der erforderlichen Schärfe geschehen kann, haben wir im vorhergehenden Art. erklärt. Die Graduirung oder

Eintheilung des Limbus ist rein mechanischer Natur, und wir bemerken weiter nichts darüber, als daß die Verfertiger solcher Instrumente gegenwärtig ihre Kunst hierin zu einer solchen Vollkommenheit gebracht haben, daß der Betrag des Fehlers aus dieser Quelle der Ungenauigkeit in der That in sehr enge Grenzen eingeschlossen ist. Was den ersten Punkt betrifft, so muß es einleuchtend seyn, daß, wenn die Visirvorrichtung a b weiter nichts wäre, als einfache Kreuze oder Nadellöcher an den Enden einer hohlen Röhre, oder eine Oeffnung für die Aufnahme des Auges an dem einen Ende und ein Kreuz am andern, sich keine größere Genauigkeit im Richten erwarten ließe, als diejenige ist, welche durch einfaches Sehen mit bloßem Auge erlangt werden kann. Wenn aber, statt dieser einfachen, jedoch groben, Mittel, die Röhre selbst in ein Fernrohr mit einem Objectiv bei b und einem Ocular bei a umgewandelt wird; und wenn die Bewegung des Fernrohres am Rande des Kreises gehemmt wird, sobald das Object gerade in den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes gebracht ist, so leuchtet von selbst ein, daß sich, in Bezug auf das Richten des Rohres, ein größerer Grad von Genauigkeit, als mit dem unbewaffneten Auge, erlangen läßt, und zwar im Verhältnisse zur Vergrößerungskraft und der Lichtstärke des angewendeten Fernrohres. Der höchste erreichbare Grad von Genauigkeit wird dadurch erlangt, daß man in dem gemeinschaftlichen Brennpunkte des Objectiv- und Ocularglases zwei feine Fasern, z. B. feine Haare oder Spinnenfäden, ausspannt, welche einander im Mittelpunkte des Sehfeldes rechtwinklig durchschneiden. Ihr Durchschnittspunkt gewährt einen beständigen Zielpunkt, mit welchem das Bild des Objectes genau zur Coincidenz gebracht werden kann, indem man das Fernrohr mit einem gehörigen Grade von Vorsicht und mit Hülfe einer mechanischen Vorrichtung in seine endliche Lage am Limbus des Kreises führt, und es hier festhält, bis das Ablesen geschehen ist.

132) Man kann füglich annehmen, daß durch

diese Anwendung des Fernrohres derjenige Theil des Beobachtungsfehlers völlig vernichtet wird, der sonst durch irrige Schätzung der Richtung entstehen kann, in welcher ein Object vom Auge des Beobachters, oder vom Mittelpunkte des Instrumentes, liegt. Sie ist in der That die große Quelle aller Präcision der neuern Astronomie, ohne welche alle anderen Verfeinerungen in der Ausführung der Instrumente vergebens seyn würden; denn die Fehler, die ohne eine solche Hülfe im Zielen auf ein Object begangen werden würden, sind weit größer, als diejenigen, welche die plumpste Kreiseintheilung herbeiführen könnte.*) Auf diese

*) Die Ehre dieser Hauptverbesserung ist mit Erfolg von Derham (Philosophical Transactions XXX. 603.) für unsern jungen, talentvollen und unglücklichen Landsmann Gascoigne aus seiner Correspondenz mit Grabtree und Horrockes die in Derham's Besitz ist, in Anspruch genommen worden. Die Stellen, welche Derham aus diesen Briefen anführt, setzen es außer Zweifel, daß Gascoigne schon 1640 seine Quadranten und Sextanten mit Fernröhren ausgestattet hat, die im gemeinschaftlichen Brennpunkte der Gläser mit einem Fadennetze versehen waren; er hatte sogar die Erfindung schon so weit getrieben, daß er das Gesichtsfeld durch künstliches Licht erleuchtete, was er sehr zweckdienlich fand, sobald der Mond nicht schien, oder es sonst an hinlänglichem Lichte mangelte. Diese Erfindungen theilte er freimüthig Hrn. Grabtree und durch ihn dessen Freunde Horrockes, dem Stolz und Ruhme der brittischen Astronomie, mit. Beide schenkten sowohl dieser, als vielen anderen seiner feinen und trefflichen Verbesserungen in der Beobachtungskunst, ihre unbeschränkte Bewunderung. Gascoigne blieb indessen, in einem Alter von 23 Jahren, in der Schlacht von Marston Moor; und der frühzeitige und plötzliche Tod des noch jüngern Horrockes erklären es zur Genüge, daß die Erfindung in temporäre Vergessenheit gerathen konnte. Sie wurde aus derselben wieder hervorgezogen, oder abermals erfunden, im Jahre 1667 von Picard und Auzout (Lalande Astronomie, 2310.), und nun kam sie in allgemeinen Gebrauch. Noch früher, als Gascoigne hatte Morin schon im Jahre 1635 den Vorschlag gemacht, dem schlichten Absehen das Fernrohr zu substituiren; aber gerade der im Brennpunkte ausgespannte Faden oder Draht,

Weise angewendet, nützt uns das Fernrohr für Winkelmessungen in der That eben so sehr, als das Mikroskop für Linearabmessungen. Indem es die Aufmerksamkeit auf die kleinsten Punkte der Objecte concentrirt, und die schmalsten Unterschiede zu auffallenden Zwischenräumen vergrößert, setzt es uns nicht allein in den Stand, die Gestalt und Structur der Objecte, auf welche es gerichtet ist, zu erforschen, sondern auch ihre scheinbaren Orte mit fast geometrischer Schärfe auf die Theile irgend einer Skale zu beziehen, mit welcher wir sie zu vergleichen wünschen.

133) Die einfachste Art, die Messung eines Winkelabstandes zu bewerkstelligen, ist die eben beschriebene; streng genommen, ist sie aber nur auf terrestrische Winkel anwendbar, nämlich auf solche, welche am scheinbaren Horizonte alle Objecte bilden, die unsern Standort umgeben, — weil nur diese während der Zeit, wo das Fernrohr von einem Objecte nach dem andern geführt wird, stationär bleiben. Aber die tägliche Bewegung des Himmels macht, indem sie diese wesentliche Bedingung aufhebt, die directe Messung des Winkelabstandes von einem Himmelskörper zum andern auf diese Weise unmöglich. Dieser Einwand fällt indessen weg, sobald wir nur das Interval zwischen den Tagekreisen, die von zwei Himmelskörpern beschrieben werden, zu bestimmen suchen. Angenommen, jeder Stern ließe, während seines täglichen Umlaufes, eine sichtbare Spur am Himmel zurück, — z. B. eine deutliche Lichtlinie, — so würde ein Fernrohr, welches einmal so auf einen Stern gerichtet ist, daß das Bild desselben mit dem Durchschnitte der Fäden zusammentrifft, beständig auf einen Theil dieser Linie gerichtet bleiben, der demnach im Gesichtsfelde des Fernrohres fortwährend als eine

---

mit welchem das Bild eines Sternes in genaue Coincidenz gebracht werden kann, ist es, was dem Fernrohre in der Praxis den Vorzug giebt; und daran eben scheint Morin nicht gedacht zu haben. (Siehe Lalande, wie oben.)

helle Linie erscheinen würde, welche beständig denselben Punkt durchschneidet, bis der Stern wieder zurückkommt. Von einer solchen Linie könnte nun das Fernrohr ohne Fehler beliebig nach einer andern fortbewegt werden, und man wäre mithin im Stande, den Winkelabstand der beiden Tagekreise, und zwar denjenigen zu messen, der in der Umdrehungsebene des Fernrohres liegt. Obschon wir nun nicht die Bahn eines Sternes am Himmel zu sehen vermögen, so können wir doch abwarten, bis der Stern selbst durch's Gesichtsfeld geht, und den Moment seines Durchganges ergreifen, um das Fadenkreuz des Gesichtsfeldes durch Bewegung des Fernrohrs so zu stellen, daß der Stern seinen Weg gerade durch den Durchschnittspunkt des Kreuzes nehmen muß; wodurch wir, nachdem das Fernrohr gut befestigt ist, die Lage seines Tagekreises eben so gut erhalten, als wenn wir fortführen, ihn noch so lange zu sehen. Das Ablesen des Limbus kann alsdann mit Gemächlichkeit bewerkstelligt werden; und wenn ein anderer Stern in die Ebene des Kreises tritt, so können wir das Fernrohr lösen, und eine ähnliche Beobachtung wird uns in den Stand setzen, den Ort seines Tagekreises am Kreislimbus zu bestimmen. Diese Beobachtungen können jeden Tag abwechselnd wiederholt werden, wann die Sterne durch die Kreisebene gehen, bis wir mit den Resultaten, hinsichtlich ihrer Genauigkeit, zufrieden sind.

134) Dieses ist das Princip des Mauerkreises, der nichts anderes ist, als ein solcher Kreis, wie wir ihn im Art. 129 beschrieben haben, und in der Ebene des Meridianes an einer langen und starken Horizontalaxe sicher getragen wird. Diese Axe ist in einen massiven Pfeiler, oder in eine Mauer (wovon das Instrument den Namen hat) eingelassen, und so mit Stellschrauben versehen, daß ihre Lage sowohl in verticaler als horizontaler Richtung gehörig berichtigt werden kann. Auf diese Weise kann die Axe, gleich derjenigen des Mittagsfernrohres, genau in der Richtung der Ost- und Westpunkte des Horizontes erhalten werden, so daß

folglich die Ebene des Kreises mit der Meridianebene zusammenfällt.

135) Da der Meridian alle von den Sternen beschriebenen Tagekreise rechtwinklig durchschneidet, so wird derjenige Theil seines Bogens, welcher zwischen zwei solchen Tagekreisen liegt, den kleinsten Abstand dieser Kreise von einander messen, und gleich seyn der Differenz der Declinationen, wie auch der Differenz der Meridianhöhen der Himmelskörper, wenigstens, nachdem sie wegen der Strahlenbrechung berichtigt worden sind. Diese Differenzen sind nun die direct mit dem Mauerkreise gemessenen Winkelabstände. Aus diesen lassen sich aber, wenn das Gesetz der Strahlenbrechung als bekannt angenommen wird, nicht allein die Differenzen der obigen Quantitäten, sondern diese selbst leicht herleiten, wie sogleich erklärt werden soll.

136) Die Abweichung eines Himmelskörpers ist das Complement seines Polarabstandes. Da der Pol ein Punkt im Meridian ist, so könnte er direct am Limbus des Kreises beobachtet werden, wenn gerade in demselben ein Stern stände; und somit könnten die Polarabstände und folglich die Declinationen aller übrigen Sterne mit einemmale bestimmt werden. Da dieses aber nicht der Fall ist, so wählt man einen glänzenden Stern, der dem Pole so nahe ist, als man ihn nur finden kann, aus, und beobachtet ihn in seiner obern und untern Culmination, d. h., wenn er den Meridian über und unter dem Pole passirt. Da nun sein Abstand vom Pole derselbe bleibt, so ist die Differenz der Ablesungen des Kreises bei den beiden Stellungen des Sterns, nachdem sie wegen der Strahlenbrechung berichtigt worden ist, dem doppelten Polarabstande des Sternes gleich, indem der am Kreislimbus durchlaufene Bogen, in diesem Falle, dem Winkeldurchmesser des Tagekreises des betreffenden Sternes gleich ist.

In Fig. 17 bezeichnet HPO den Meridian des Himmels, P den Pol, BR, AQ, CD die Tagekreise der Sterne, die bei B, A und C in ihrer obern

Culmination, und bei R, Q und D in ihrer untern Culmination den Meridian erreichen. Bei D unter andern erfolgt die untere Culmination über dem Horizonte HO. Wenn wir ferner hpo als den Mauerkreis betrachten, dessen Mittelpunkt S ist, so werden bacpd die Punkte an seinem Umfange seyn, welche den Punkten BACPD am Himmel entsprechen. Nun sind die Bogen ba, bc, bd und cd unmittelbar durch die Beobachtung gegeben; und da CP = PD, so haben wir auch cp = pd, und jeden derselben = ½ cd, folglich wird der Ort des Polarpunktes, wie man ihn zu nennen pflegt, auf dem Limbus des Kreises bekannt, und die Bogen pb, pa, pc, welche am Kreise die verlangten Polarabstände ausdrücken, werden ebenfalls bekannt.

137) Die Lage des Polarsternes, der sehr glänzend ist, eignet sich für diesen Zweck ganz besonders, indem er vom Pole nur etwa 1½ Grade entfernt ist; man pflegt deshalb diesen Stern fast ausschließlich für diesen wichtigen Zweck zu wählen, und zwar um so mehr, weil seine beiden Culminationen in großen und nicht sehr verschiedenen Höhen stattfinden, mithin die Strahlenbrechungen, von welchen sie afficirt werden, von geringem Betrag sind und bei beiden nur wenig differiren, so daß die desfallsige Correction leicht und zuverläßig angebracht werden kann. Der Glanz des Polarsternes gestattet auch, ihn bequem am Tage zu beobachten. Wegen dieser Eigenthümlichkeiten pflegen die Astronomen diesen Stern beständig für die Prüfung und genaue Aufstellung fast aller Arten von Instrumenten zu benutzen. Bei dem Mittagsfernrohre z. B. giebt er ein leichtes Mittel an die Hand, zu erforschen, ob die Ebene, welche das Fernrohr durch seine Bewegung beschreibt, mit der Meridianebene zusammenfällt. Denn da die letztere Ebene den Tageskreis des Sternes in zwei Hälften theilt, so wird die östliche und westliche Hälfte desselben in gleichen Zeiträumen beschrieben. Notirt man daher die Momente seiner Culminationen über und unter dem Pole, und ergiebt es sich, daß sie in gleichen Zeitintervallen von

12 Sternstunden eintreten, so läßt sich mit Zuverläßigkeit daraus folgern, daß die Ebene der Bewegung des Fernrohres mit der Mittagsfläche zusammenfalle, oder daß seine Horizontalaxe genau nach Osten und Westen gerichtet sey *). Wenn aber der Stern in ungleichen Zeiträumen von einer scheinbaren Culmination zur andern gelangt, so ist es eben so gewiß, daß sich das Instrument nicht in der Mittagsfläche bewegt, und daß die Abweichung nach derjenigen Seite hin stattfindet, auf welcher sich der Stern die kürzere Zeit hindurch aufhält. Die Axe muß folglich im Azimuth gehörigermaßen gerückt werden, bis die fragliche Differenz bei Wiederholung der Beobachtungen verschwindet.

138) Ist der Ort des Polarpunktes am Limbus des Mauerkreises einmal bestimmt, so wird er ein Anfangs- oder Nullpunkt, von welchem an die Polarabstände aller Himmelskörper, welche anderen Punkten des Meridians und des Kreislimbus entspre-

*) Hierbei wird jedoch vorausgesetzt, daß die Horizontal- oder Drehungsaxe des (rücksichtlich seiner Collimationslinie vollkommen berichtigten) Mittagsfernrohrs wirklich genau in der Ebene des Horizontes liege. Denn wäre dieses nicht der Fall, so könnte sie leicht eine solche Lage haben, daß die Bewegungsebene des Fernrohrs dennoch durch den Pol gienge, und das Fernrohr mithin einen Stundenkreis beschriebe, welcher die Tagekreise der Sterne eben so gut in zwei gleiche Hälften theilt, wie der Meridian, der nichts anderes ist, als ein Stundenkreis, welcher durch das Zenith geht. Die Gleichheit der beiden Zeiten, welche der Polarstern, oder jeder andere Circumpolarstern, gebraucht, um von seinem obern Durchgange durch den mittleren Faden des Mittagsfernrohres zu dem untern Durchgange durch denselben, und von diesem wieder zurück bis zu jenem, zu gelangen, beweiset daher nur, daß das Mittagsfernrohr einen Stundenkreis beschreibt. Soll demnach dieser vom Fernrohre beschriebene Stundenkreis wirklich der Meridian seyn, so muß er zugleich auch ein Vertikalkreis seyn, mithin die Drehungsaxe des Instruments genau in der Ebene des Horizontes liegen, wovon man sich durch die Wasserwaage (Art. 125.) oder durch andere Hülfsmittel versichert. R.

chen, gezählt werden. Es ist einerlei, ob der wirkliche Anfang der Gradeintheilung, nämlich 0°, dort steht, oder nicht, weil die Bogen am Limbus des Kreises nur durch die Differenz der Ablesungen bestimmt werden; und dadurch erlangt man einen großen Vortheil, indem man aufs Neue eine frische Reihe von Beobachtungen anstellen kann, bei welcher ein anderer Theil des Kreisumfanges angewendet wird, und andere Gradeintheilungen in Gebrauch kommen, wodurch Ungleichheiten der Eintheilung entdeckt und aufgehoben werden können. In der Praxis wird dieses dadurch bewerkstelligt, daß man das Fernrohr von seinen bisherigen Trägern am Kreise losmacht, und es aufs Neue an einem andern Theile des Umfanges befestigt.

139) Ein Punkt am Limbus des Mauerkreises, nicht minder wichtig als der Polarpunkt, ist der Horizontalpunkt, welcher, wenn er einmal bekannt ist, ebenfalls ein Anfangs- oder Nullpunkt wird, von welchem aus die Höhen gezählt werden. Das Princip seiner Bestimmung ist im Grunde sehr nahe dasselbe, wie dasjenige der Bestimmung des Polarpunktes. Da am Himmelshorizonte kein Stern vorhanden ist, wenigstens keiner daselbst würde genau beobachtet werden können, so muß der Beobachter zwei Punkte am Limbus des Kreises zu bestimmen suchen, von denen der eine genau um eben so viel unter dem Horizontalpunkte, als der andere über demselben, liegt. Für diesen Zweck wird ein Stern während seiner Culmination in der einen Nacht beobachtet, indem man das Fernrohr direct auf denselben richtet, und sodann in der nächsten Nacht, indem man es auf das Bild desselben Sternes richtet, welches von der völlig ruhigen, unbewegten Oberfläche einer Flüssigkeit reflectirt wird. Man bedient sich dazu gewöhnlich des Quecksilbers, das unter allen bekannten Flüssigkeiten diejenige ist, welche die Lichtstrahlen am stärksten reflectirt. Da die Oberfläche einer Flüssigkeit im Zustande der Ruhe nothwendig horizontal ist, und da nach optischen Gesetzen der Reflexionswinkel dem Ein-

fallswinkel gleich ist, so wird dieses Bild gerade um eben so viel unter den Horizont deprimirt seyn, als der Stern selbst über ihm erhaben ist, wobei jedoch auf die Differenz der Strahlenbrechung zu den verschiedenen Zeiten der Beobachtung gehörige Rücksicht zu nehmen ist. Der Bogen, welcher am Limbus des Kreises zwischen dem Stern und seinem nachher beobachteten reflectirten Bilde eingeschlossen ist, ist, wenn die Berichtigung wegen der Strahlenbrechung gemacht worden, die doppelte Höhe des Sterns, und die Hälfte desselben giebt den Horizontalpunkt. Die reflectirende Oberfläche einer Flüssigkeit, deren man sich auf diese Weise zur Bestimmung der Höhen der Himmelskörper bedient, heißt ein künstlicher Horizont.

140) Der Mauerkreis ist in der That zu gleicher Zeit ein Mittagsfernrohr, und kann als solches benutzt werden, wenn man den Brennpunkt des Fernrohres mit einem geeigneten Systeme vertikaler Fäden versieht. Da aber die Axe desselben nur auf der einen Seite unterstützt ist, so besitzt er nicht die Festigkeit und Unveränderlichkeit in seiner Lage, welche für den eigentlichen Zweck eines Mittagsfernrohrs nothwendig ist; auch kann er nicht, wie letzteres, durch Umkehrung der beiden Enden seiner Axe aus Osten nach Westen geprüft werden. Nichts hindert dagegen, einen eingetheilten Kreis permanent an die Axe eines Passageninstrumentes, und zwar an das eine Ende derselben, zu befestigen, so daß er sich mit derselben umdreht, und das Ablesen mittelst eines Mikroskopes bewerkstelligt wird, welches an dem einen seiner Pfeiler befestigt ist. Ein solches Instrument heißt ein Passagenkreis oder ein Meridiankreis, und dient zu gleichzeitiger Bestimmung der Rectascensionen und Polarabstände der damit beobachteten Himmelskörper; die Zeit der Culmination wird nach der Pendeluhr bemerkt, und den Kreis liest man mittelst des seitwärts befindlichen Mikroskopes ab.

141) Die Bestimmung des Horizontalpunktes am Limbus eines Instrumentes ist von so wesentlichem

Belang in der Astronomie, daß der Leser oder Studirende alle Mittel kennen lernen muß, welche man für diesen Zweck anwendet. Diese sind: der künstliche Horizont, das Bleiloth, die Wasserwaage und der schwimmende Collimator. Der künstliche Horizont ist bereits erklärt worden. Das Bleiloth besteht aus einem feinen Faden oder Draht, an welchem ein Gewicht hängt, dessen Schwingungen dadurch verhindert und schnell zur Ruhe gebracht werden, daß man es in Wasser tauchen läßt. Die Richtung, welche ein solches Bleiloth, vorausgesetzt, daß der Faden vollkommen biegsam sey, zuletzt annimmt, ist diejenige der Schwere, oder perpendiculär zur Oberfläche des ruhigen Wassers. Die Anwendung desselben für die Zwecke der Astronomie ist indessen so zarter und schwieriger Natur, dabei auch der Begehung von Fehlern ausgesetzt, wenn nicht außerordentliche Vorsichtsmaaßregeln angewendet werden, daß man es gegenwärtig fast durchgehends aufgegeben, und mit der bequemern und eben so genauen Wasserwaage vertauscht hat.

142) Die Wasserwaage oder Libelle (Fig. 18. a.) ist weiter nichts, als eine gläserne Röhre, die mit einer Flüssigkeit (man nimmt jetzt allgemein zum Füllen derselben Weingeist, einmal, wegen seiner außerordentlichen Beweglichkeit, und dann auch, weil er nicht gefriert) beinahe gänzlich angefüllt ist, und worin die Blase, bei horizontaler Lage der Röhre, gleichgültig in irgend einem Theile ruhen würde, wenn die Röhre mathematisch gerade seyn könnte. Da aber diese Bedingung unmöglich erfüllt werden kann, und jede Röhre eine schwache Krümmung besitzt, so wird die Blase, wenn die convexe Seite aufwärts gekehrt wird, den höhern Theil einnehmen, wie in der Figur 18. b., wo die Krümmung absichtlich übertrieben worden, angegeben ist. Angenommen, daß eine solche Röhre, wie z. B. AB, auf einer geraden Unterlage CD befestigt, und bei ab mit zwei Punkten versehen sey, die gerade so weit auseinander liegen, als die Länge der Blase beträgt, so leuchtet ein, daß, wenn das Instrument so gestellt wird, daß die Blase diesen Zwi-

schenraum einnimmt, CD keine andere, als eine bestimmte Neigung gegen den Horizont haben könne, weil, bei der geringsten Bewegung auf die eine oder die andere Seite die Blase ihren Ort verlassen und nach der höhern Seite sich begeben würde. Soll nun z. B. untersucht werden, ob eine gegebene Linie P Q horizontal ist, so setze man die Basis C D der Libelle auf diese Linie, und bemerke die Punkte a und b, zwischen welchen die Blase genau enthalten ist; dann drehe man die Libelle ganz um, so daß C nach Q, und D nach P kommt. Wenn alsdann die Blase wieder denselben Ort zwischen a und b einnimmt, so ist klar, daß P Q keine andere als eine horizontale Lage haben könne. Im entgegengesetzten Falle ist diejenige Seite am höchsten, nach welcher sich die Blase begiebt, und sie muß daher tiefer gestellt werden. Astronomische Libellen sind mit einer eingetheilten Skale versehen, mittelst welcher man die Orte der Enden der Blase scharf bemerken kann; und man behauptet, daß dieselben so empfindlich ausgeführt werden können, daß eine Winkelabweichung von genauer Horizontalität von dem Betrage einer einzigen Secunde durch sie angezeigt wird.

143) Die Art, wie eine Libelle angewendet werden kann, um den Horizontalpunkt am Limbus eines eingetheilten Vertikalkreises zu finden, kann so erklärt werden: Es sey AB (Fig. 19.) ein an einem solchen Kreise CEF gut befestigtes Fernrohr, welches zugleich mit demselben um die Horizontalaxe C sich bewegt, die, wie bei einem Mittagsfernrohre, muß umgekehrt werden können (siehe Art. 127.), und mit welcher der Kreis unzertrennbar verbunden ist. Man richte das Fernrohr nach irgend einem entfernten und gut begrenzten Objecte S, und halbire dasselbe genau mittelst des Horizontalfadens des Fernrohres, in welcher Lage das Instrument festgestellt wird. L sey eine Libelle, welche rechtwinklig auf dem Arme EF befestigt ist, der bei F mit einem Mikroskop oder Vernier, und so auch, wenn man will, bei E versehen ist. Dieser Arm paßt genau auf die Axe C, so daß er sich sanft um die-

selbe drehen läßt, ohne sie selbst in Umdrehung zu versetzen, und auch an ihr festgestellt werden kann, damit er sich nicht eher bewege, als bis es erforderlich ist. Während das Fernrohr auf das Object S gerichtet erhalten wird, stelle man die Libelle so, daß ihre Blase zwischen die Marken a und b kommt, und befestige sie in dieser Stellung. Alsdann wird der Arm E F eine gewisse bestimmte Neigung (gleichgültig welche) gegen den Horizont haben. In dieser Lage lese man den Kreis bei F ab, und kehre dann den ganzen Apparat um, indem man das eine Ende der Horizontalaxe an den Ort bringt, den vorher das andere Ende einnahm, ohne jedoch den Arm, welcher die Libelle trägt, von der Axe zu lösen. Ist dieses geschehen, so bringe man, durch Drehung des ganzen Instrumentes (sammt der Libelle) um seine Axe, die Blase der Libelle wieder zwischen a und b in ihre horizontale Lage. Nun ist man sicher, daß das Fernrohr jetzt dieselbe Neigung gegen den Horizont, und zwar in entgegengesetzter Richtung von derjenigen habe, die es besaß, als es auf S gerichtet war; und die Ablesung bei F wird unverändert dieselbe geblieben seyn. Jetzt löse man die Libelle, und drehe, indem man sie ziemlich horizontal erhält, den Kreis um seine Axe, so daß das Fernrohr durch das Zenith nach S zurückgeführt wird, und in dieser Lage stelle man den Kreis sammt dem Fernrohre fest. Es leuchtet nun ein, daß ein Winkel, gleich dem doppelten Zenithabstand des Objects S, von der optischen Axe des Fernrohres, von ihrer letzten Lage an, durchlaufen worden ist. Ohne nun das Fernrohr und den Kreis zu lösen, bringe man endlich die Libelle noch einmal in ihre richtige Lage. Es wird alsdann der Arm L E F nochmals dieselbe bestimmte Lage in Bezug auf den Horizont annehmen; und wenn folglich der Kreis nunmehr wieder abgelesen wird, so muß die Differenz zwischen dieser und der vorigen Ablesung denjenigen Bogen seines Umfanges messen, welcher unter den Punkt F durchgegangen ist, den man so betrachten kann, als habe er die ganze Zeit hindurch eine unveränderliche Lage behalten. Diese

Differenz wird dann der doppelte Zenithabstand von S, und die Hälfte derselben der einfache Zenithabstand seyn, dessen Complement die Höhe von S ist. Auf diese Art wird die Höhe bekannt, welche einer gegebenen Ablesung des Limbus entspricht, oder mit andern Worten, es ist der Horizontalpunkt auf dem Limbus des Kreises ausgemittelt. Wie weitläufig auch dieses Verfahren erscheinen möge, so giebt es doch keine andere Art, die Libelle für diesen Zweck anzuwenden, welche nicht am Ende auf jenes hinausliefe. Sehr häufig benutzt man indessen die Libelle als ein bloßes Versicherungsmittel, um einen Horizontalpunkt, der bereits auf andere Weise gut bestimmt ist, sich zu erhalten; und dieses geschieht dadurch, daß man die Libelle genau einstellt, und den Index ihres Trägers am Kreislimbus abliest, wenn das Fernrohr genau die horizontale Richtung hat, welche Versicherung des Horizontalpunktes jedoch ganz auf der Permanenz dieser Berichtigung der Libelle beruht.*)

144) Das letzte Mittel, den Horizontalpunkt

*) Da die Ausdehnung und Zusammenziehung des in die Glasröhre gefüllten Weingeistes durch die Wärme und Kälte weit beträchtlicher ist, als die der Glasröhre selbst, so nimmt die Blase bei jeder Temperaturveränderung eine andere Länge an. Hat man daher die Libelle so berichtigt, daß, bei horizontaler Lage des Fernrohrs, die Endpunkte der Blase, diesseits und jenseits von der Mitte der Libellenskale, um gleich viele Theile derselben von dieser Mitte abstehen, so braucht man, welche Temperatur auch stattfinden, und welche Länge die Blase also auch haben möge, nur darauf zu sehen, daß die Endpunkte der Blase immer um gleich viele Theile auf beiden Seiten von der Mitte der Skale abstehen, wo denn der Arm, welcher die Libelle trägt, dieselbe Stellung gegen den Horizont haben wird, als zur Zeit ihrer Berichtigung, vorausgesetzt, daß die Libelle selbst nicht ihre Lage gegen den Arm, der sie trägt, in der Zwischenzeit geändert habe, was freilich durch die Einwirkung der Temperatur auf die Ausdehnung und Spannung der Metalle nicht selten geschieht. (Siehe Art. 103.)
N.

zu bestimmen, welches wahrscheinlich nicht das am wenigsten genaue, sicherlich aber in unzähligen Fällen das bequemste unter allen ist, gewährt der schwimmende Collimator (Fig. 20.), eine neue Erfindung des Capitains Kater. Dieses zierliche Instrument ist weiter nichts, als ein kleines Fernrohr, in seinem Brennpunkte mit einem Fadenkreuze versehen, und horizontal, oder doch so viel als möglich horizontal, auf einem ebenen eisernen Schwimmer befestigt, der auf Queckſilber schwimmt, und folglich, wenn er sich selbst überlassen wird, immer eine und dieselbe unveränderliche Neigung gegen den Horizont annimmt. Wenn die Kreuzfäden des Collimators von der Seite des Oculars her durch eine Lampe erleuchtet werden, so laufen, da sie sich im Brennpunkte des Objectivglases befinden, die Strahlen von ihnen außerhalb des Objectivs parallel, und sie können deshalb von dem Objectivglase eines andern Fernrohrs in einem Brennpunkte vereinigt werden, wo sie ein Bild geben, als ob sie von einem in ihrer Richtung befindlichen Himmelskörper kämen, d. h. von einem solchen, dessen Höhe ihrer Neigung gegen den Horizont gleich ist. Es kann also der Durchschnittspunkt des Collimatorkreuzes beobachtet werden, als ob er ein Stern sey, und zwar kann dieses geschehen, wie nahe auch die beiden Fernröhre einander stehen mögen. Indem man nun den Collimator, auf dem mit Queckſilber gefüllten Gefäße fortwährend schwimmend, von der einen Seite eines Kreises an die andere bringt, erhält man gleichsam zwei Himmelskörper von genau gleichen Höhen an entgegengesetzten Seiten des Kreismittelpunkts; und wenn diese nach einander mit dem Fernrohre des Kreises beobachtet werden, so daß das Fadenkreuz des Fernrohrs das Bild des Collimatorkreuzes halbirt (für welchen Zweck man den Fäden des letztern Kreuzes absichtlich eine Neigung von 45° gegen den Horizont gegeben hat, siehe Fig. 21.), so wird die Differenz der Ablesungen am Limbus des Kreises den doppelten Zenithabstand eines jeden Bildes geben, woraus, wie

im letzten Artikel, der Horizontal- oder Zenithpunkt unmittelbar bestimmt wird.*)

---

*) Eine andere und in manchen Hinsichten vorzüglichere Form des schwimmenden Collimators, bei welcher das Fernrohr eine vertikale Richtung hat, und wodurch der Zenithpunkt direkt ausgemittelt wird, findet man von demselben Erfinder in den Philosophical Transactions 1828. p. 257. beschrieben. — Anm. d. Verfassers. Zusatz. Die in der Erklärung des Collimators erwähnte und der Idee dieses Instrumentes hauptsächlich zum Grunde liegende Eigenschaft der Fernröhre, die darin besteht, daß man das auf irgend eine Art erleuchtete Fadennetz eines Fernrohrs durch ein ihm gegenüber gestelltes zweites Fernrohr, wie einen Himmelskörper, deutlich beobachten kann, ist noch auf eine andere Art benutzt worden, um den Horizontalpunkt der Kreise zu bestimmen. Da gerade diese Methode der Bestimmung des Horizontalpunktes, deren erste Veröffentlichung wir dem verstorbenen Prof. Bohnenberger in Tübingen verdanken (Schumacher's astronomische Nachrichten, Band IV. S. 327 ff.), unstreitig unter allen die genauesten und schärfsten Resultate giebt, so ist es hier nicht am unrechten Orte, auch sie, ihren Hauptgrundzügen nach, kurz zu beschreiben. Man denke sich zwischen dem Fadennetze und dem Augendeckel des Kreisfernrohres, oder, wenn zwischen dem Fadennetze und dem Auge zwei Oculare befindlich sind, zwischen diesen beiden selbst, in der Ocularröhre eine Seitenöffnung angebracht, und innerhalb der Ocularröhre an dieser Stelle einen kleinen in der Mitte durchbohrten Spiegel, der unter einem Winkel von 45° gegen die Ebene des Fadennetzes geneigt ist, so wird eine vor die Seitenöffnung gestellte Lampe ihr Licht vermittelst des schräg stehenden Spiegels auf das Fadennetz werfen, und dieses dadurch erleuchtet werden. Der Spiegel ist deshalb in der Mitte durchbohrt, damit er das Gesichtsfeld des Fernrohrs nicht gänzlich verdecke, und die mit demselben direkt anzustellenden Beobachtungen nicht hindere. (Der Hülfsmittel, um das Fadennetz von der Seite her zu beleuchten, und doch durch sie das Gesichtsfeld nicht, wenigstens nicht gänzlich, zu verdecken, giebt es noch mehrere andere; bei allen aber muß die Bedingung stattfinden, daß sie zwischen dem Fadennetze und dem Orte des Auges angebracht sind.) Nun gebe man dem Kreisfernrohre eine nahe zu senkrechte Stellung, das Objectiv nach unten gerichtet, und stelle unter dasselbe ein Gefäß mit Quecksilber, so wird sich in diesem das Fernrohr mit seinem erleuchteten Faden-

145) Das Passageninstrument und der Mauerkreis sind ihrem Wesen nach Meridianinstrumente, indem sie nur gebraucht werden, um die Sterne zur Zeit ihres Durchganges durch den Meridian zu beobachten. Abgesehen davon, daß dieser Moment der günstigste ist für ihre Beobachtung, so ist er zugleich auch derjenige, in welchem ihre tägliche Bewegung dem Horizonte parallel ist. Es ist deshalb zu dieser Zeit leichter, als zu jeder andern, das Fernrohr genau auf sie zu richten; und weil ihr scheinbarer Lauf im Gesichtsfelde dem horizontalen Faden des im Fernrohre befindlichen Fadennetzes parallel ist, so kann man sie durch eine feine Bewegung des Fernrohrs ge-

---

netze abspiegeln, und dieses Bild des Fernrohrs wird als ein zweites Fernrohr betrachtet werden können, das dem ersteren gerade gegenüber steht, und dessen erleuchtetes Fadennetz wiederum in dem Brennpunkte des ersteren ein Bild geben wird, welches man mit diesem eben so beobachten kann, wie das erleuchtete Fadenkreuz des Collimatorfernrohrs mit dem Kreisfernrohre beobachtet wird. Man sieht also auf diese Weise im Gesichtsfelde des Fernrohrs nicht nur das wirkliche Fadennetz, sondern auch das von der Oberfläche des Quecksilberhorizontes reflectirte Bild desselben; und wenn man nun durch eine feine Bewegung des Fernrohrs den Horizontalfaden des Netzes mit seinem Bilde zur genauen Coincidenz bringt, so ist einleuchtend, daß alsdann die optische Axe des Fernrohrs genau senkrecht stehen wird, und daß man solchergestalt am Kreislimbus die Lage des Nadirs, also auch des Horizontalpunktes, erhält. Diese Bestimmung ist vorzüglich deshalb sehr scharf, weil ein Fehler im Richten des Fernrohrs sich, wegen der Reflexion, im Gesichtsfelde desselben sogleich verdoppelt zeigt, also umgekehrt ein bei der Zusammenbringung des Horizontalfadens mit seinem Bilde etwa begangener Sehfehler nur zur Hälfte auf die Bestimmung des Nadirpunktes am Kreislimbus einwirkt. — Daß diese Methode auch bei einem Mittagsfernrohre, dadurch daß man den rücksichtlich der Collimation genau berichtigten mittleren Vertikalfaden mit seinem vom Quecksilberhorizonte reflectirten Bilde in scharfe Coincidenz bringt, die vorzüglichsten Dienste leistet, um die Drehungsaxe des Instruments genau horizontal zu stellen, leuchtet von selbst ein.

N.

nau mit diesem Faden coincidiren lassen, und man hat Zeit, diese Coincidenz zu untersuchen und zu berichtigen, wenn sie vielleicht nicht gleich anfangs genau gelingt; welches Alles bei keiner andern Lage der Fall ist. Ueberhaupt sollten alle Winkelgrößen, an deren genauer Bestimmung gelegen ist, wo möglich, zur Zeit ihres Maximums oder Minimums beobachtet werden, weil sie sich bei diesen Punkten lange genug nicht merkbar verändern, um unsere Beobachtungen sorgfältig und bequem vollenden, und sie sogar in manchen Fällen wiederholen und bestättigen zu können. Der Winkel, welcher in dem vorliegenden Falle in diese Kategorie gehört, ist die Höhe des Sterns, die ihr Maximum oder Minimum im Meridiane erreicht, und daselbst am Limbus des Mauerkreises gemessen wird.

146) Die Zwecke der Astronomie erfordern indessen, daß ein Beobachter die Mittel besitze, einen Himmelskörper nicht allein direct im Meridian, sondern in jedem Punkte seiner täglichen Bahn, oder wo er sich am Himmel zeigen mag, zu beobachten. Nun wird die Lage eines Punktes an der Himmelskugel bestimmt, dadurch, daß man ihn auf zwei größte Kreise bezieht, die mit einander rechte Winkel bilden, oder auf zwei Kreise, von denen der eine durch den Pol des andern geht. Nach einem geometrischen Ausdrucke sind es Coordinatenkreise, durch welche die Lage des Punktes festgestellt wird. Auf der Erde ist z. B. ein Ort bekannt, wenn wir seine Länge und Breite kennen; am Himmel, wenn wir seine Rectascension und Declination kennen; an der sichtbaren Halbkugel, wenn wir sein Azimuth und seine Höhe kennen, u. s. w.

147) Um einen Himmelskörper in jedem Punkte seiner täglichen Bahn zu beobachten, müssen wir die Mittel besitzen, ein Fernrohr auf denselben zu richten, welches deshalb in zwei zu einander rechtwinkligen Ebenen muß bewegt werden können; und der Betrag seiner Winkelbewegung in jeder Ebene muß an zwei einander coordinirten Kreisen gemessen werden, deren Ebenen mit denjenigen, in welchen sich das Fernrohr bewegt, parallel seyn müssen. Die praktische

Erfüllung dieser Bedingungen wird bewirkt, wenn man die Axe des einen Kreises durch diejenige des andern unter einem rechten Winkel hindurchgehen läßt. Die durchbohrte Axe dreht sich auf festen Unterlagen, während die andere in keiner Verbindung mit irgend einer äußeren festen Unterstützung steht, sondern gänzlich von derjenigen getragen wird, durch welche sie geht, und welche an dieser Durchgangsstelle verstärkt und dicker gemacht wird. Fig. 22. stellt die einfachste Form einer solchen Combination dar, die jedoch im Punkte des Mechanismus keineswegs die beßte ist. Die beiden Kreise werden mit Hülfe von Verniers oder Mikroskopen abgelesen. Das eine Mikroskop ist an der festen Unterlage angebracht, welche die Hauptaxe trägt, und das andere an einem Arme, welcher aus dieser Axe hervorspringt. Beide Kreise lassen sich feststellen, und die Klemmen sind ebenfalls da befestigt, wo der Apparat für das Ablesen der Kreise angebracht ist.

148) Eine solche Combination muß, wie auch die Hauptaxe derselben gerichtet seyn möge (wenn nur ihre Richtung unveränderlich ist), uns offenbar in den Stand setzen, die Lage irgend eines Himmelskörpers, in Bezug auf den Standpunkt des Beobachters, durch Winkel zu bestimmen, welche auf zwei größten Kreisen der sichtbaren Hemisphäre gezählt werden, von denen der eine die Verlängerungen der Hauptaxe, oder die verschwindenden Punkte eines Systems von mit der Hauptaxe parallel laufenden Linien, zu seinen Polen hat, der andere dagegen immer durch diese Pole geht; denn der erste größte Kreis ist die verschwindende Linie aller dem Kreise A B parallel liegenden Ebenen, während der letztere, in jeder Lage des Instrumentes, die verschwindende Linie aller Ebenen ist, welche mit dem Kreise G H parallel sind; und da diese beiderseitigen Ebenen, in Folge der Construction des Instrumentes, rechtwinklig auf einander stehen, so muß dieses auch der Fall bei den größten Kreisen seyn, welche die verschwindenden Linien dieser Ebenen sind. Wenn nun zwei größte Kreise einer Kugel rechtwinklig zu einan-

der stehen, so muß der eine immer durch die Pole des andern gehen.

149) Es giebt indessen nur zwei Lagen, in welchen ein solcher Apparat so aufgestellt werden kann, daß er in der Astronomie einigen praktischen Nutzen gewährt. Die erste ist die, wenn die Hauptaxe C D der Erdaxe parallel liegt und also die Richtung der Weltpole hat, welche die verschwindenden Punkte aller Linien in diesem Systeme von Parallelen sind; und wenn demnach die Ebene des Kreises A B dem Erdäquator parallel ist, so daß der Aequinoctialkreis den verschwindenden Kreis desselben bildet, und durch die an ihm abgelesenen Bogen Stundenwinkel oder Rectascensionsdifferenzen gemessen werden. In diesem Falle sind die größten Kreise am Himmel, welche den verschiedenen Lagen entsprechen, die man dem Kreise G H durch Umdrehung des Instrumentes um seine Axe C D geben kann, sämmtlich Stundenkreise; und die an diesem Kreise abgelesenen Bogen sind Declinationen, oder Polabstände, oder ihre Differenzen.

150) In dieser Lage heißt der Apparat ein Aequatoreal, oder, wie man ihn sonst zu nennen pflegte, ein parallactisches Instrument. Es ist eines der bequemsten für alle solche Beobachtungen, bei welchen man den Himmelskörper lange Zeit vor Augen haben will; denn, wenn das Fernrohr einmal auf ihn gerichtet ist, so kann man ihn, so lange man Lust hat, mittelst einer einzigen Bewegung verfolgen, indem man den ganzen Apparat lediglich nur um seine Polarare dreht. Weil nämlich, wenn das Fernrohr auf einen Stern gerichtet ist, der Winkel zwischen seiner Richtung und derjenigen der Polarare gleich ist dem Polabstande des Sternes, so folgt daraus, daß, wenn das Instrument um seine Axe gedreht wird, ohne die Lage des Fernrohres am Kreise G H zu verändern, der Punkt, auf welchen letzteres gerichtet ist, immer in dem kleinen Himmelskreise liegen müsse, der dem täglichen Laufe des Sternes entspricht. Bei manchen Beobachtungen ist dieses ein unschätzbarer Vortheil, den kein anderes Instrument zu gewähren vermag.

Das Aequatoreal wird auch benutzt, um den Ort eines unbekannten Himmelskörpers durch Vergleichung desselben mit demjenigen eines bekannten zu bestimmen, was im vierten Capitel ausführlicher beschrieben werden wird. Die Berichtigungen eines Aequatoreals sind etwas complicirt und schwierig. Am beßten erreicht man diesen Zweck, wenn man den Polarstern durch seinen ganzen Tagekreis verfolgt, und in gehörigen Zwischenzeiten andere Hauptsterne beobachtet, deren Orte gut bestimmt sind.*)

151) Die andere Lage, in welcher ein solcher zusammengesetzter Apparat, wie wir ihn in Art. 147. beschrieben haben, vortheilhaft aufgestellt werden kann, ist diejenige, in welcher die Hauptaxe eine vertikale Lage hat, und folglich der eine Kreis AB dem Himmelshorizonte, und der andere GH einem Vertikalkreise des Himmels entspricht. Die an ersterem gemessenen Winkel sind demnach Azimuthe oder Azimuthaldifferenzen, und die an letzterem gemessenen sind Zenithabstände oder Höhen, je nachdem die Gradeintheilung vom obern Punkte seines Limbus oder von einem Punkte beginnt, der von dem oberen um 90° entfernt ist. Dieser Apparat ist deshalb unter dem Namen eines Azimuthal- und Höheninstrumentes bekannt. Die vertikale Lage seiner Hauptaxe wird entweder durch ein vom obern Ende herabhängendes Bleiloth hergestellt, welches, wenn das Instrument um diese Axe gedreht wird, beständig ein und dasselbe Versicherungszeichen am untern Ende schneiden muß, oder durch eine Libelle, welche an derselben direct in Querrichtung befestigt ist, deren Blase ihren Ort nicht verändern darf, wenn das Instrument im Azimuth bewegt wird. Der Nord- oder Südpunkt am Horizontalkreise wird dadurch bestimmt, daß man den Vertikalkreis nach denselben Merkmalen, welche für die

*) Siehe Littrow on the Adjustment of the Equatorial. — Mem. Astron. Soc. Vol. II. p. 45.

Azimuthalberichtigung des Mittagsfernrohres dienen (Art. 137.), mit der Ebene des Meridianes coincidiren läßt, und in dieser Lage die Ablesung des Azimuthalkreises notirt; oder man bedient sich auch dazu des nachfolgenden Verfahrens.

152) Man beobachtet einen hellen Stern in beträchtlicher östlicher Entfernung vom Meridiane, indem man ihn auf das Fadenkreuz des Fernrohres bringt. In dieser Lage wird der Horizontalkreis abgelesen, und das Fernrohr sorgfältig am Vertikalkreise befestigt. Wenn der Stern durch den Meridian gegangen ist und in seinem täglichen Laufe wieder herabsteigt, so verfolgt man ihn, indem man das ganze Instrument rund um nach Westen bewegt, ohne jedoch das Fernrohr zu lösen, bis er ins Gesichtsfeld kommt, und bis durch Fortsetzung der horizontalen Bewegung der Stern und das Fadenkreuz nochmals coincidiren. In dieser Lage muß der Stern offenbar genau dieselbe Höhe über dem westlichen Horizonte haben, welche er im Augenblicke der ersten Beobachtung über dem östlichen Horizonte besaß. An diesem Punkte stellt man die Bewegung ein, und der Horizontalkreis wird abermals abgelesen. Die Differenz der Ablesungen giebt den in der Zwischenzeit beschriebenen Azimuthalbogen. Nun ist es einleuchtend, daß, wenn die Höhen eines Sternes auf jeder Seite des Meridians gleich sind, auch die Azimuthe desselben, mag man nun beide vom Nordpunkte oder beide vom Südpunkte des Horizontes an zählen, sich ebenfalls gleich seyn müssen; es muß folglich der Nord- oder Südpunkt des Horizontes den auf diese Weise bestimmten Azimuthalbogen halbiren, und eben dadurch bekannt werden.

153) Diese Methode, die Nord- und Südpunkte eines Horizontalkreises zu bestimmen (und sind diese Punkte bekannt, so kann man eine Mittagslinie ziehen), heißt die Methode der gleichen Höhen, und sie ist in der praktischen Astronomie von vielfachem und beständigem Gebrauche. Notirt man für die Mo-

mente der beiden Beobachtungen an einer Pendeluhr oder einem Chronometer die Zeit, so wird der Zeitpunkt, welcher mitten zwischen inne liegt, der Moment seyn, in welchem der Stern durch den Meridian gieng, der sich also auf diese Weise ohne ein Mittagsfernrohr bestimmen läßt; und umgekehrt kann durch dieses Verfahren der Fehler einer Pendeluhr oder eines Chronometers bestimmt werden. Für diesen letztern Zweck braucht das Instrument gar nicht mit einem Horizontalkreise versehen zu seyn. Jedes Mittel, durch welches Höhen gemessen werden können, setzt uns in den Stand, die Momente zu bestimmen, in welchen derselbe Stern gleiche Höhen in der östlichen und westlichen Hälfte seines täglichen Laufes erreicht; und sind diese einmal bekannt, so ist auch der Augenblick bekannt, in welchem der Stern culminirt, so wie der Fehler der Pendeluhr.

154) Einer der Hauptzwecke, für welche der Azimuthal- und Höhenkreis sich benutzen läßt, ist die Erforschung des Betrages und der Gesetze der Strahlenbrechung. Denn verfolgt man mit diesem Instrumente einen Circumpolarstern, welcher durch das Zenith geht, und einen andern, welcher den Horizont streift, durch ihren ganzen Tageslauf, so kann die scheinbare Gestalt ihrer täglichen Bahnen, oder die Ovale, in welche ihre Kreise sich durch die Wirkung der Strahlenbrechung verwandeln, genau ausgemittelt werden- und ihre Abweichung von Kreisen, welche in jedem; Momente, vermöge der Natur der Beobachtung, in der Richtung gegeben wird, in welcher die Strahlenbrechung selbst stattfindet (d. h. in Höhe) wird so ein Gegenstand directer Beobachtung.

155) Der Zenithsector und der Theodolit sind besondere Modificationen des Höhen- und Azimuthalinstrumentes. Der erstere ist eingerichtet für die ganz genaue Beobachtung der Sterne in, oder nahe am Zenith, indem er eine sehr lange Vertikalaxe hat, und von dem ganzen Vertikalkreise nur einen Umfang

von wenigen Graden an seinem unteren Theile, wodurch man eine große Länge des Radius und folglich eine verhältnißmäßige Erweiterung der Abtheilungen seines Bogens erhält. Das letztere Instrument, nämlich der Theodolit, ist hauptsächlich für die Messung horizontaler Winkel zwischen terrestrischen Objecten bestimmt, wobei das Fernrohr nie mehr als einige Grade erhoben zu werden braucht. An demselben fehlt deshalb der Vertikalkreis entweder gänzlich, oder er ist nach einem kleinern Maasstabe und mit geringerer Genauigkeit ausgeführt; während dagegen große Sorgfalt verwendet wird, um die Ebene der Bewegung des Fernrohrs genau perpendiculär zu erhalten, weßhalb die Horizontalaxe des Fernrohres auf zwei Stützen ruht, welche den steinernen Pfeilern eines Passageninstrumentes ähnlich sind; diese aber ruhen fest auf den Speichen des Horizontalkreises, und drehen sich mit demselben.

156) Das letzte Instrument, welches wir beschreiben wollen, ist ein solches, durch dessen Hülfe der Winkelabstand von irgend zwei Objecten direct gemessen, oder die Höhe eines einzelnen bestimmt werden kann, indem man seinen Abstand entweder vom scheinbaren Horizonte (z. B. vom Meereshorizonte, mit Berücksichtigung der Depression desselben), oder von seinem eigenen, von der Oberfläche eines Quecksilberhorizontes reflectirten, Bilde mißt. Dieses Instrument ist der Sextant, oder Quadrant, gewöhnlich der Hadley'sche genannt, weil man Hadley als den Erfinder desselben angiebt, wiewohl die Priorität der Erfindung ohne Zweifel Newton zusteht, dessen Ansprüche auf die Dankbarkeit des Schiffers auf diese Weise verdoppelt werden, indem er sowohl die einzige Theorie angegeben hat, nach welcher der Seefahrer sein Schiff sicher zu leiten im Stande ist, als auch zugleich das einzige Instrument, welches benutzt werden kann, um diese Theorie für ihre nautischen Zwecke anzuwenden. *)

*) Newton theilte das Instrument dem Dr. Halley mit, der es unterdrückte. Nach Halley's Tode fand man die

157) Das Princip dieses Instrumentes beruht auf der optischen Eigenschaft reflectirter Strahlen, welche darin besteht, daß der Winkel zwischen der ersten und letzten Richtung eines Strahles, welcher zweimal in einer und derselben Ebene reflectirt wurde, gleich ist der doppelten Neigung der reflectirenden Oberflächen gegen einander.

Es sey AB (Fig. 23.) der graduirte Limbus eines Kreisbogens von 60°, der aber in 120 gleiche Theile getheilt ist. An den Radius CB werde ein mit Silber belegtes Planglas D rechtwinklig zur Ebene des Kreises befestigt, und eben so sey an dem beweglichen Radius CE ein anderes gleichfalls mit Silber belegtes Glas C befestigt. Das Glas D ist ein für allemal parallel mit AC befestigt, und nur die eine Hälfte desselben ist mit Silber belegt, so daß man durch die andere Hälfte Objecte sehen kann. Das Glas C ist ganz mit Silber belegt, und seine Ebene parallel mit der Länge des beweglichen Radius CE, an dessen Ende E ein Vernier angebracht ist, um damit die Eintheilungen des Limbus abzulesen. An dem Radius AC ist ein Fernrohr F angebracht, durch welches irgend ein Object Q vermöge der directen Strahlen, welche durch den unbelegten Theil des Glases D ihren Weg nehmen, gesehen werden kann, während ein anderes Object P durch dasselbe Fernrohr vermöge der Strahlen gesehen wird, welche, nach der Reflexion bei C, auf den belegten Theil des Glases D geworfen, und von da durch eine zweite Reflexion in das Fernrohr

---

Beschreibung des Instrumentes, von Newton's eigener Hand, unter seinen nachgelassenen Papieren, und sie wurde vom Testamentsvollzieher desselben der Royal Society, 25 Jahre nach Newton's Tode und 11 Jahre nach der Bekanntmachung von Hadley's Erfindung, mitgetheilt, welcher letztere wahrscheinlich gar nichts von Newton's Erfindung kannte, wiewohl Hutton das Gegentheil behauptet.

gerichtet worden sind. Die so entstandenen beiden Bilder erblickt man im Gesichtsfelde zu gleicher Zeit, und wenn man den Radius C E gehörig bewegt, so nähern sie sich einander, und gehen (wenn die beiden reflectirenden Gläser genau senkrecht auf der Ebene des Kreises stehen) über einander weg, ohne sich gegenseitig zu verwischen. Die Bewegung wird indessen gehemmt, sobald die Bilder über einander stehen, und in diesem Momente beträgt der Winkel, welcher zwischen der Richtung C P des einen Objectes und der Richtung F Q des andern liegt, doppelt so viel, als der Winkel E C B, welcher von dem festen Radius C B und dem beweglichen C E eingeschlossen wird. Nun sind die Gradabtheilungen des Limbus absichtlich nur halb so groß gemacht werden, als sie eigentlich seyn müßten, wenn sie ganzen Graden entsprechen sollten, und liest man daher den Bogen B E so ab, als wenn die Gradabtheilungen ganze Grade bedeuteten, so hat man in der That das Doppelte seines wahren Betrages, und deshalb drücken die abzulesenden Zahlen nicht den Winkel E C B, sondern das Doppelte desselben, nämlich den Winkel aus, welcher zwischen den beobachteten Objecten liegt.

158) Die wirklichen Winkelabstände der Sterne von einander durch directe Beobachtungen zu bestimmen, ist verhältnißmäßig von geringem Nutzen, aber in der nautischen Astronomie ist das Messen ihrer Abstände vom Monde und dasjenige ihrer Höhen von wesentlichem Belange; und da der Sextant keiner festen Unterstützung bedarf, sondern in der Hand gehalten und an Schiffsbord gebraucht werden kann, so leuchtet damit die Nützlichkeit dieses Instrumentes auf einmal ein. Für Höhenmessungen auf der offenen See gewährt der Meereshorizont das einzige Hülfsmittel, indem man daselbst weder von der Wasserwaage, noch von dem Bleilothe, noch von dem künstlichen Horizonte Gebrauch machen kann; das durch Reflexion gesehene Bild des beobachteten Sternes wird nämlich mit dem Meereshorizonte, den man durch directe Strahlen

sieht, zur Coincidenz gebracht. Auf diese Weise wird die Höhe über dem Meereshorizonte gefunden, und diese giebt, wenn sie wegen der Depression des Horizontes (Art. 24.) berichtigt worden ist, die wahre Höhe des Sternes. Auf dem Lande kann man sich eines künstlichen Horizontes (Art. 139.) bedienen, und die Berücksichtigung der Depression ist dann unnöthig.

159) Der Reflexionskreis ist ein Instrument, welches für dieselben Zwecke, wie der Sextant, bestimmt ist, nur ist er vollständiger, indem der Kreis ganz, und ringsum eingetheilt ist. Er ist gewöhnlich mit drei Verniers versehen, so daß man drei besondere Ablesungen vornehmen kann, um durch den mittleren Durchschnitt derselben die Fehler der Gradeintheilungen und des Ablesens zu reduciren. Der Reflexionskreis ist ein sehr verfeinertes und zierliches Instrument.

160) Wir können dieses Capitel nicht schließen, ohne des Princips der Repetition Erwähnung zu thun, einer Erfindung Borda's, oder vielmehr Tobias Mayers, durch welche der Fehler der Gradeintheilung bis auf die kleinste Größe vermindert, oder praktisch gesprochen, vernichtet wird. P, Q (Fig. 24.) sollen zwei Objecte seyn, welche wir, bloß für den Zweck der Erklärung, als feststehend annehmen wollen, und KL sey ein um O, die gemeinschaftliche Axe der beiden Kreise AML und abc, bewegliches Fernrohr; der erstere Kreis AML ist in der Ebene der Objecte absolut festgestellt, und mit den Gradeintheilungen versehen, während sich der letztere um die Axe bewegt. Das Fernrohr ist permanent an dem letztern Kreise befestigt, und bewegt sich mit demselben. Ein Arm OaA trägt den Index oder Vernier, mit welchem man den eingetheilten Limbus des festen Kreises ablies't. Dieser Arm ist mit zwei Klemmen versehen, durch welche er temporär mit dem einen oder mit dem andern Kreise verbunden, und nach Belieben wieder gelös't werden kann. Angenommen nun, das Fernrohr sey nach P gerichtet, so befestigt man den Indexträger OA am in-

nern Kreise, lös't ihn vom äußern, und lies't diesen ab. Alsdann führt man das Fernrohr bis auf das andere Object Q. Indem man dieses thut, wird auch der innere Kreis und der an demselben befestigte Indexträger ebenfalls mit fortgeführt, um einen Bogen AB am eingetheilten Limbus des äußern Kreises, welcher gleich ist dem Winkel POQ. Nun befestige man den Indexträger am äußern Kreise, löse ihn vom innern, und lese ab. Die Differenz der Ablesungen wird demnach den Winkel POQ messen; aber das Resultat kann mit zweierlei Fehlern behaftet seyn, nämlich mit demjenigen der Graduirung und mit demjenigen der Beobachtung, die wir beide zu beseitigen beabsichtigen. Zu diesem Zweck führe man das Fernrohr zurück nach P, ohne den Indexträger vom äußern Kreise zu lösen; nachdem es genau auf P gerichtet ist, befestige man den Indexträger an b, und löse ihn von B, worauf das Fernrohr wieder nach Q geführt wird. Dadurch wird aber der Indexträger mit demselben nach C durch einen zweiten Bogen BC geführt, welcher ebenfalls dem Winkel POQ gleich ist. Jetzt wird die Ablesung vorgenommen, und die Differenz zwischen dieser Ablesung und der ursprünglichen wird das Doppelte des Winkels POQ seyn, mit beiden Fehlern der Beobachtung, aber nur mit demselben Fehler der Graduirung, wie vorher, behaftet. Dieses Verfahren wiederhole man, so oft man will, wir wollen annehmen, zehnmal: so wird der endliche Bogen ABCD, der am Kreise abgelesen wird, das Zehnfache des verlangten Winkels betragen, afficirt von den vereinigten Fehlern aller zehn Beobachtungen, aber nur von demselben constanten Fehler der Graduirung, welcher von dem ersten und letzten Ablesen allein abhängig ist. Nun streben aber die Fehler der Beobachtungen, wenn diese zahlreich sind, sich einander auszugleichen und aufzuheben, so daß, wenn die Beobachtungen hinlänglich vervielfältigt worden sind, der Einfluß der ersteren auf's Resultat verschwindet. Es bleibt alsdann nur der constante Fehler der Graduirung übrig, welcher in dem Endresultate

durch die Zahl der Beobachtungen dividirt, und dadurch hinsichtlich seines Einflusses bis auf ein Zehntel seines möglichen Betrages, oder, wenn es nöthig ist, bis auf noch weniger vermindert wird.

Die theoretische Schönheit und Nützlichkeit dieses Principes scheint in der Praxis durch irgend eine unbekannte Ursache, die wahrscheinlich in unvollkommener Befestigung des Indexträgers aufzusuchen ist, wieder gemindert zu werden.

nung und Größe. — Erklärung der scheinbaren Bewegung der Sonne nach Copernicus. — Parallelismus der Erdaxe. — Die Jahreszeiten. — Von der Sonne herrührende Wärme in den verschiedenen Theilen der Erdbahn.

Kap. 6. Vom Monde. — Siderischer Umlauf desselben. — Sein scheinbarer Durchmesser. — Parallaxe, Entfernung und wirklicher Durchmesser desselben. — Erste genäherte Kenntniß seiner Bahn. — Er beschreibt eine Ellipse um die Erde. — Excentricität und Neigung der Mondsbahn. — Bewegung der Knoten der Mondsbahn. — Sternbedeckungen. — Sonnenfinsternisse. — Bewegung der Apsiden. — Physische Beschaffenheit des Mondes. — Seine Gebirge, Atmosphäre, Umdrehung um seine Axe. — Libration des Mondes. — Erscheinung der Erde, vom Monde ausgesehen.

Kap. 7. Von der Schwere auf der Erde und dem allgemeinen Gravitations-Gesetze. — Scheinbare und wahre Bahn der geworfenen Körper. — Der Mond wird in seiner Bahn durch seine Schwere gegen die Erde erhalten. — Gesetz der Abnahme der Schwere. — Gesetze der elliptischen Bewegung. — Bahn der Erde um die Sonne in Übereinstimmung mit diesen Gesetzen. — Masse der Erde im Vergleich mit der Sonnenmasse. — Dichtigkeit der Sonne. — Kraft der Schwere auf ihrer Oberfläche. — Störung der Bewegung des Mondes durch die Sonne.

Kap. 8. Von dem Sonnensysteme. — Scheinbare Bewegungen der Planeten. — Ihr Stillstehen und Rückwärtsgehen. — Die Sonne ist der natürliche Mittelpunkt der Bewegung der Planeten. — Untere Planeten. — Ihre Phasen, Umläufe u. s. w. — Dimensionen und Gestalt ihrer Bahnen. — Vorübergänge derselben vor der Sonne. — Obere Planeten, ihre Entfernungen, Umläufe u. s. w. — Kepler's Gesetze und ihre Erläuterung. — Elliptische Elemente einer Planetenbahn. — Heliocentrischer und geocentrischer Ort. — Bode's Gesetz für die Entfernungen der Planeten von der Sonne. — Die vier neuen Planeten. — Physische Eigenthümlichkeiten, die an jedem Planeten wahrgenommen sind.

Kap. 9. Von den Nebenplaneten. — Vom Monde als einem Trabanten der Erde. — Große Nähe der Trabanten bei ihren Hauptplaneten, und daraus folgende Abhängigkeit der Bewegungen der ersteren von denen der letztern. — Massen der Hauptplaneten, gefolgert aus den Umläufen ihrer Trabanten. — Kepler's Gesetze finden auch bei den Nebenplaneten statt. — Von den Trabanten des Jupiters, ihren Verfinsterungen u. s. w. — Durch sie herbeigeführte Entdeckung der Schnelligkeit des Lichtstrahls. — Die Trabanten des Saturns. — Vom Uranus.

Kap. 10. Von den Kometen. — Große Anzahl der entdeckten Kometen. — Die Zahl der unentdeckten ist wahrscheinlich noch viel größer. — Beschreibung eines Kometen. — Kometen ohne Schweife. — Zu- und Abnahme ihrer Schweife. — Ihre Bewegungen. — Dieselben sind den allgemeinen Gesetzen der planetarischen Bewegungen unterworfen. — Elemente ihrer Bahnen. Periodische Wiederkehr einiger Kometen. — Der Halley'sche, Encke'sche und Biela'sche Komet. — Größe der Kometen. — Vom Widerstande, den sie in ihrer Bewegung durch den Aether erleiden. — Von der allmähligen Verkleinerung der Kometen, und ihrer möglichen Auflösung im Weltraume.

Kap. 11. Von den Störungen der Planeten und Nebenplaneten in ihrem Laufe. — Gegenstand der Untersuchung. — Gleichzeitiges Stattfinden vieler kleiner Bewegungen. — Problem der drei Körper. — Bestimmung der störenden Kräfte. — Bewegungen der Knoten. — Veränderungen der Neigung. — Ausgleichung dieser Veränderungen nach Vollendung eines ganzen Knotenumlaufs. — Lagrange's Theorem über die Stabilität der Neigungen. — Veränderungen der Schiefe der Ekliptik. — Vorrücken der Nachtgleichen. — Nutation der Erdaxe. — Theorem über die

Fortpflan
Art zusa
Von der
nen. —
trachtet
tialkraft
chung i
lität der
der Jupi
riode bei
kungen d
und die
kung. —
Bewegur
laufszeit
der Peri
Theorem
bahn. —
Kap
dieselben
Die sch
Milchstr
che Grö
Nur zu
Ihre Un
Gesetzes
— Gige
rallare
— Ster
netenart
Ka
Al
mente s
Mond,
nus, in
kannt s
Au
zugleich
nur jed
gründli
ten, de
Kenner
De
von jed
oder Rt

ines auf beliebige
Theile desselben. —
der Planetenbah-
örenden Kräfte be-
ungen der Tangen-
hnen. — Ausglei-
en Commensurabi-
ßen Ungleichheit in
it von langer Pe-
n Monde. — Wir-
uf die Umlaufszeit
Theil ihrer Wir-
gung der mittleren
en Axen und Um-
freentricitäten und
hn. — Lagrange's
ration der Monds-
Massen.
Bemerkungen über
inbaren Größe. —
völbe. — Von der
nung, wahrscheinli-
nderliche Sterne. —
Doppelsternen. —
— Ausdehnung des
farbigen Sternen.
berration und Pa-
igen Sternsystemen.
igförmige und pla-

fichtstafel der Ele-
hnliche für unsern
turns und des Ura-
nten Trabanten be-
iges Register.
Reichhaltigkeit und
s wird daher nicht
fflichen Werkes sich
n aller Wissenschaf-
bst der eingeweihte
rehlesen.
fungen besteht, wo-
t 3 fl. 36 kr. rhein.

chhandlung.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Fortpflanzung der Oscillationen irgend eines Theils eines auf beliebige Art zusammenhängenden Körpersystems auf die übrigen Theile desselben. — Von der Ebbe und Fluth. — Aenderung der Elemente der Planetenbahnen. — Periodische und Secular-Aenderungen. — Die störenden Kräfte betrachtet als Tangential- und Radial-Kräfte. — Wirkungen der Tangentialkraft, sowohl in Kreisbahnen als in elliptischen Bahnen. — Ausgleichung in den Störungen. — Ueber den Fall einer nahen Commensurabilität der mittleren Bewegungen. — Erklärung der großen Ungleichheit in der Jupiters- und Saturnus-Theorie. — Die Ungleichheit von langer Periode bei der Venus und der Erde. — Die Variation beim Monde. — Wirkungen der Radialkraft. — Mittlere Wirkung derselben auf die Umlaufszeit und die Dimension der gestörten Bahn. — Veränderlicher Theil ihrer Wirkung. — Evection des Mondes. — Säcular-Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes. — Unveränderlichkeit der großen Axen und Umlaufszeiten. — Theorie der Säcularänderungen der Excentricitäten und der Perihelien. — Bewegung der Apsiden der Mondsbahn. — Lagrange's Theorem über die Stabilität der Excentricitäten. — Nutation der Mondsbahn. — Störungen der Jupiters-Trabanten und ihre Massen.

Kap. 12. Von den Fixsternen. — Allgemeine Bemerkungen über dieselben. — Ihre Eintheilung in Klassen nach ihrer scheinbaren Größe. — Die scheinbare Vertheilung derselben am Himmelsgewölbe. — Von der Milchstraße. — Jährliche Parallaxe. — Wirkliche Entfernung, wahrscheinliche Größe und Beschaffenheit der Fixsterne. — Veränderliche Sterne. — Nur zu einzelnen Zeiten sichtbare Sterne. — Von den Doppelsternen. — Ihre Umdrehung um einander in elliptischen Bahnen. — Ausdehnung des Gesetzes der Schwere auf solche Sternsysteme. — Von farbigen Sternen. — Eigene Bewegung der Sonne und der Fixsterne. — Aberration und Parallaxe eines Fixsternesystems. — Von zusammengehörigen Sternsystemen. — Sternhaufen. — Nebelflecke. — Nebelsterne. — Ringförmige und planetenartige Nebelflecke. — Das Zodiakallicht.

Kap. 13. Vom Kalender.

Als Anhang ist noch gegeben zuvörderst eine Uebersichtstafel der Elemente sämmtlicher Planetenbahnen, und sodann eine ähnliche für unsern Mond, so wie für die Trabanten des Jupiters, des Saturns und des Uranus, insoweit nämlich die Elemente für diese letztgenannten Trabanten bekannt sind. — Das Ganze beschließt ein sehr vollständiges Register.

Aus dieser Inhaltsanzeige ersieht man die große Reichhaltigkeit und zugleich die Wichtigkeit der abgehandelten Materien. Es wird daher nicht nur jeder Gebildete durch das Studium dieses vortrefflichen Werkes sich gründliche und umfassende Kenntnisse in der erhabensten aller Wissenschaften, der Astronomie, verschaffen können, sondern selbst der eingeweihte Kenner wird dasselbe nicht ohne das höchste Interesse durchlesen.

Der Preis für das ganze Werk, welches in 4 Lieferungen besteht, wovon jede Lieferung 54 kr. oder 12 gGr. kostet, beträgt 3 fl. 36 kr. rhein. oder Rthlr. 2 sächs.

J. D. Classische Buchhandlung.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf