

Das
Barometer

und

seine Anwendung.

Nebst einem Anhang:

Die Grundzüge der neueren Witterungslehre.

Programm der kgl. Studienanstalten zu Dillingen für 1885/86

von

Friedrich Mayer,

k. Studienlehrer.



Dillingen.

Druck der A. Kolb'schen Buchdruckerei.

9di (1886)
5



Vorwort.

Dieses Programm ist im Hinblick auf die „Schulordnung für die Studienanstalten im Königreich Bayern“ vom 20. Aug. 1874 geschrieben, welche im § 13 Abs. 8 für die III. Gymnasialklasse „Erklärung des Barometers und Thermometers“ vorschreibt. Als für die Schüler bestimmt und zugleich als Erweiterung dessen, was denselben während des Unterrichtes mehr nur im Vorbeigehen mitgeteilt werden kann, will also die Schrift aufgefasst sein.

Die Vorführung beider Instrumente — so sehr auch eine solche wegen ihres vielfachen inneren Zusammenhanges wünschenswert gewesen wäre — hätte aber entweder den Rahmen eines Programms bei weitem überschreiten oder auf Kosten der Vollständigkeit allzusehr sich einschränken müssen. Ich zog daher bloß das Barometer vorzugsweise in Betracht, konnte aber dabei auf die Hereinziehung der Grundlehren von der Wärme, sowie manch' anderer physikalischer Begriffe selbstverständlich nicht ganz verzichten.

Bei der Lehre von der Anwendung des Barometers, und insbesondere bei der anhangsweise vorgeführten Witterungslehre der Neuzeit in ihren Grundzügen schwebte mir jedoch allerdings der weitere Kreis all' derjenigen im Besitze einer allgemeinen Bildung befindlichen Leser vor, welche den Naturwissenschaften Interesse entgegenbringen.

Ausser den im Texte mehrfach zitierten Werken von Dr. S. Günther, Wüllner u. A. benützte ich die Lehrbücher der Physik von Pisko, Reis und Beetz, für die geschichtlichen Bemerkungen die einschlägigen Werke von Poggendorf, Keller und Rosenberger; für die Darstellung der modernen Witterungslehre diente Lommel, „Wind und Wetter“, Gretschel, „Katechismus der Meteorologie“, Mohn, „Vorlesungen“ und Jelinek, „Anweisung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen“.

Dass der Schrift trotz diesen Hilfsmitteln mancherlei Mängel anhaften, bezweifle ich keinen Augenblick; es tröstet mich jedoch der Gedanke, dass ja alle menschliche Arbeit Stückwerk ist, die eine mehr, die andere weniger. So getröstet rufe ich mit Horaz den erfahrenen Fachmännern wie meinen Collegen zu:

Vive, vale! Si quid novisti rectius istis,
Candidus imperti; si non, his utere mecum.

Mayer.

Anm. In der lithogr. Beilage Fig. 23 ist Shrewsbury statt Shrewsburg zu lesen.

Inhalt.

I. Teil.

Entstehung, Begriff u. Formen des Barometers.

	Seite
§ 1. Das Gesetz der kommunizierenden Gefässe . . .	1
§ 2. Torricelli's Versuch	1
§ 3. Der Luftdruck	2
§ 4. Fortsetzung	3
§ 5. Baroskop und Barometer	4
§ 6. Barometer mit Flüssigkeit. Allgemeines . . .	5
§ 7. Eigenschaften eines guten Quecksilberbarometers	5
§ 8. Herstellung eines Quecksilberbarometers . . .	6
§ 9. Das Gefässbarometer	8
§ 10. Fortsetzung	10
§ 11. Das Heberbarometer	11
§ 12. Wertverhältnis der Gefäss- u. Heberbarometer	12
§ 13. Correction wegen der Temperatur	13
§ 14. Glycerinbarometer	14
§ 15. Barometer ohne Flüssigkeit. Allgemeines . .	15
§ 16. Das Holosteric v. Vidi	16
§ 17. Bourdon's Aneroid	16
§ 18. Wert dieser Instrumente	17
§ 19. Quecksilber- u. Metallbarometer	17

II. Teil.

Anwendung des Barometers.

§ 20. Ueberblick. Grösse des Luftdrucks	18
§ 22. Abnahme des Luftdrucks nach oben	20
§ 23. Barometrische Höhenmessung	22

	Seite
§ 24. Geschichtliche Notizen	24
§ 25. Die Höhe der Atmosphäre	26
§ 26. Barometerschwankungen	27
§ 27. Ursachen der period. Barometerschwankungen	29
§ 28. Fortsetzung	30
§ 29. Fortsetzung	31
§ 30. Fortsetzung	33
§ 31. Das barometrische Mittel	34
§ 32. Abhängigkeit des mittleren Luftdrucks	35
§ 33. Isobaren und Isobarenkarten	37
§ 34. Maxima und Minima	38
§ 35. Barometer und Witterung	39
§ 36. Fortsetzung	41

A n h a n g.

§ 37. Witterungsbeobachtung im Altertum und Mittelalter	43
§ 38. Bauernregeln. Hundertjähriger Kalender	45
§ 39. Mondphasen. Sonnenflecken.	46
§ 40. Grundsätze der Neuzeit. Luftdruck und Windrichtung	47
§ 41. Fortsetzung	48
§ 42. Luftdruck und Windstärke. Gradient	51
§ 43. Wanderungen der Wirbelcentra	53
§ 44. Ausdehnung der Wirbel. Geschwindigkeit ihrer Centra	55
§ 45. Praxis der neueren Meteorologie. Gleichzeitige Beobachtungen	56
§ 46. Stationen und Sturmwarnungen	57
§ 47. Sturmsignale	59
§ 48. Synoptische Karten und Witterungsprognose	60
§ 49. Fortsetzung	62
§ 50. Reduction des Barometerstandes auf die Meereshöhe	63
§ 51. Grenzen der Witterungsprognose	65
§ 52. Schluss	67

Corrigenda.

- S. 3 Z. 12 v. o. ist das Komma nach „Luft“ zu streichen.
S. 4 Z. 3 v. u. lies „kannte“ statt „konnte“.
S. 5 Z. 14 v. u. lies „feinen“ statt „seinen“.
S. 7 Z. 7 v. u. lies „Nach“ statt „Nah“.
S. 9 Z. 2 v. u. lies „meteorologischen“ statt „metereologischen“.
Z. 8 v. u. lies „beobachtet“ statt „beachtet“.
S. 10 Z. 4 v. o. lies „vertikale“ statt „vertikal“.
S. 11 Z. 14 v. o. lies „Fig. 6“ statt „Fig. 9“.
Z. 20 v. o. lies „und“ statt „nnd“.
S. 14 Z. 7 v. o. liess „proportional“ statt „propurtional“.
Z. 10 v. u. ist nach „welche“ „es“ einzuschalten.
S. 18 Z. 2 v. u. lies „Zeitschrift“ statt „Zuschrift“.
S. 23 Z. 2 v. u. ist nach „cos 2 φ “ eine Schlussklammer zu setzen.
S. 24 Z. 14 v. u. lies „Gleichung“ statt „Vergleichung“.
S. 25 Z. 7 v. u. lies „Trembly“ statt „Trembl“.
S. 42 Z. 8 v. o. lies „sie“ statt „die Luft“.
S. 47 Z. 17 v. o. ist vor „dürfte“ und am Schluss des Absatzes ein Ausführungszeichen zu setzen.
S. 48 Z. 6 v. u. lies „die Luft“ statt „sie“.
-

I
l
i
l
l
r
l
v
s

I. Teil.

Entstehung, Begriff und Formen des Barometers.

§ 1.

Das Gesetz der kommunizierenden Gefässe.

Beliebig geformte Gefässe (Fig. 1), welche in einer solchen Verbindung mit einander stehen, dass eine Flüssigkeit aus dem einen ins andere gelangen kann, heissen kommunizierende Gefässe. Enthalten dieselben einerlei Flüssigkeit, so steht das Niveau der letzteren in sämtlichen Gefässen in der nämlichen Horizontalebene. Hievon machen nur Kapillarröhren¹⁾ eine Ausnahme. Enthalten dagegen die Gefässe verschiedene Flüssigkeiten, so stehen letztere in den einzelnen Gefässen ungleich hoch, und zwar verhalten sich dann die Höhen derselben umgekehrt wie ihre Dichten oder wie ihre spez. Gewichte.

§ 2.

Torricelli's Versuch. Schon Aristoteles hatte bemerkt, dass in den unter Saugpumpen etc. entstandenen Raum die unter denselben befindlichen Flüssigkeiten eintreten, glaubte jedoch diese Erscheinung aus einer „Abneigung der Natur gegen den leeren Raum“ (horror vacui) erklären zu können. Als nun bei Gelegenheit einer Brunnenanlage in Florenz die Brunnenleute das Wasser absolut nicht höher als auf etwa 32 Fuss heben konnten, wusste Galilei, um den Grund befragt, keinen anderen Aufschluss zu geben, als „dass eben auch der horror vacui seine Grenzen habe“. Seinem Schüler Torricelli genügte jedoch diese „Erklärung“ keineswegs und er stellte daher (1644), um der Sache auf den Grund

¹⁾ Kapillarröhren (capillus) sind sehr enge Röhren.

zu kommen, folgenden Versuch an, welcher nach ihm der Torricelli'sche genannt wird, und welchen jeder leicht selbst anstellen kann, dem eine an einem Ende verschlossene (zugeblasene) Glasröhre von etwa 80 cm Länge nebst etwas Quecksilber zur Verfügung steht.

Füllt man nämlich jene Röhre mit der genannten Flüssigkeit, und bringt das nicht zugeblasene, aber mit dem Finger verschlossene Ende unter Quecksilber, welches sich in einem weiteren Gefässe befindet (Fig. 2), so sollte nach Entfernung des verschliessenden Fingers das Quecksilber in der Röhre sinken bis es mit dem ausserhalb der Röhre befindlichen Quecksilber gleiche Höhe hat (§ 1). Das tritt aber nicht ein. Vielmehr sinkt das in der Röhre befindliche Quecksilber nur mässig und bleibt dann in beträchtlicher Höhe über dem äusseren Niveau stehen. Das Resultat des Versuchs bleibt dasselbe, ob die gebrauchte Röhre gerade, gebogen oder irgendwie geformt ist und ob sie senkrecht oder schief gehalten wird.

Der im oberen Teil der Röhre entstandene leere Raum ist nun nicht blos Quecksilber-, sondern auch luftleer und heisst das Torricelli'sche Vacuum².

Etwas später als Torricelli, jedoch ohne von dessen Versuch irgendwelche Kenntnis zu haben,³) machte unser Landsmann Otto von Guericke (gest. 1686 in Magdeburg) einen gleichen Versuch mit Wasser, bei welchem die Wassersäule genau dieselbe Höhe zeigte, wie sie von den Brunnenleuten zu Florenz beobachtet war.

§ 3.

Der Luftdruck. Die Ursache, weshalb die Flüssigkeit in und ausser der Röhre ein vom Gesetze des § 1 abweichendes Verhalten zeigt, kann nur darin gesucht werden, dass über dem Quecksilber im Gefäss³) ein Druck wirksam ist, welcher dem Gewichte der Säule das Gleichgewicht hält. Ueber dem Gefässniveau befindet sich aber nichts als atmosphärische Luft. Man muss also

²) Poggendorf, Geschichte der Physik.

³) Im Folgenden ist Kürze halber das äussere Gefäss einfach als „Gefäss“, die Höhe des Quecksilbers in demselben als „Niveau“ od. „Gefässniveau“ und die Höhe in der Röhre als „Säule“ bezeichnet.

mit Torricelli annehmen, dass die vorhandene Quecksilbersäule, soweit sie das Niveau im Gefässe überragt, vom Luftdruck getragen wird. Ist diese Annahme richtig, so muss die Flüssigkeit wieder dem Gesetz der kommunizierenden Gefässe folgen, sobald entweder in die Röhre Luft zugelassen oder über dem Gefässe der Luftdruck weggenommen wird.

a) Oeffnet man etwa durch einen Hahn das obere Ende der Röhre, so dass die Luft Zutreten kann, so fällt in der That die Säule bis sie gleiche Höhe mit dem Gefässniveau hat. (Versuch von Pascal.)

b) Dasselbe tritt ein, wenn durch hinlängliches Neigen der Röhre Luft, von unten zwischen Quecksilber und Glaswand emporsteigen und in das Vacuum eintreten kann.

c) Auf Bergen, über welchen offenbar eine Luftsäule von geringerer Höhe steht, zeigt die Säule ebenfalls eine geringere Höhe. Der erste Versuch in dieser Richtung wurde von Perier, des schon erwähnten Pascal Schwager, auf dessen Veranlassung im September 1648 auf dem Puy de Dôme bei Clermont angestellt und bestätigte vollständig Pascal's Vermutung.

d) Ebenso hat der Versuch gezeigt, dass in Bergwerken, über denen ja eine höhere Luftsäule steht als über der Erdoberfläche, auch die Säule eine grössere Höhe erreicht.

e) Kann man den Apparat oder wenigstens das Gefäss unter den Einfluss der Luftpumpe stellen, so tritt schon nach den ersten Kolbenzügen ein Sinken der Säule ein, und dies umsomehr, je länger die Pumpe arbeitet.

Durch all diese Beobachtungen und Versuche ist ausser Zweifel gestellt, dass der Luftdruck die einzige Ursache ist, weshalb die Flüssigkeit in der Röhre höher als im Gefässe steht.

§ 4.

Fortsetzung. In Hinsicht auf die verwendete Materie und auf den Raum, in welchem der Versuch angestellt wird, ist folgendes zu bemerken:

Wenn schon an und für sich jede Flüssigkeit zur Anstellung des erwähnten Versuches sich eignet, so hat doch das Quecksilber Vorzüge, welche ihm den Alleingebrauch sichern.

a) Das Quecksilber ist die schwerste aller Flüssigkeiten, und es hat daher die vom Luftdruck zu tragende Säule eine nicht sehr bedeutende Höhe. Wollte man den gleichen Versuch etwa mit Wasser anstellen, so bedürfte man Röhren von einer unbequemen, ja schwer herzustellenden Höhe. O. v. Guericke, der, wie erwähnt, seinen ersten Versuch mit Wasser anstellte, sah sich denn auch genötigt, die Röhre, welche übrigens nur in ihrem oberen Teile von Glas war, an der Aussenseite seines Hauses hinaufzuführen.

b) Das Quecksilber verdampft fast gar nicht, ja nicht einmal im Vacuum, während alle übrigen Flüssigkeiten, zumal im Vacuum, rasch verdampfen. Hierdurch würde sich bei Gebrauch einer solchen das Vacuum bald in's Gegenteil verkehren und der äussere Luftdruck nicht mehr zur vollen Wirkung gelangen.

Was den Ort betrifft, so kann der Torricelli'sche Versuch mit gleichem Erfolg in jedem, auch im allseitig geschlossenen Raum vorgenommen werden. Denn in Folge des starken Expansionsbestrebens der Luft pflanzt sich ein auf sie ausgeübter Druck nach allen Seiten und zwar mit grosser Raschheit fort und durchdringt auch sofort die Mauern und Wände unserer „geschlossenen“ Räume. Es herrscht daher in jedem solchen genau derselbe Luftdruck wie im Freien.

§ 5.

Baroskop und Barometer. Arten des Barometers. Der im Vorausgehenden besprochene Torricelli'sche Apparat eignet sich nun wohl zur Beobachtung, aber noch keineswegs zur Messung des Luftdrucks, ist also nur ein Barskop (*βάρος, σζοπείρ*) noch kein Barometer. Soll die Vorrichtung auf den letzteren Namen Anspruch machen können, so muss an derselben eine irgendwie geteilte Skala angebracht werden.

Die Skala ist bei den neueren Instrumenten meist in mm, bei den älteren in Pariser- oder Wienerzoll gegeben ($1'' \text{ P.} = 27\frac{1}{3} \text{ mm}$; $1'' \text{ W.} = 26,343 \text{ mm}$).

Ein Barometer ist also ein Instrument, mittels dessen der Druck der Atmosphäre beobachtet und gemessen werden kann.

Mehr als 2 Jahrhunderte lang konnte man nur Luftdruck-Mess-Instrumente nach Torricelli's Einrichtung; erst die Neuzeit mit ihrer hochentwickelten Technik war im Stande, so manche Mängel,

welche jenen anklebten, zu vermeiden — und zwar durch Herstellung von Apparaten, welche von jenen älteren teils nur der Form nach, teils aber wesentlich verschieden sind.

Wir unterscheiden zunächst 2 Hauptgruppen derartiger Instrumente, nämlich:

- A) Barometer mit Flüssigkeit;
- B) Barometer ohne Flüssigkeit.

A. Barometer mit Flüssigkeit.

§ 6.

Allgemeines. Die verwendete Flüssigkeit ist fast (§ 14) ausschliesslich Quecksilber, weshalb man die erste Hauptgruppe füglich als die der Quecksilberbarometer bezeichnen kann.

In der einfachsten Form (der Torricelli'schen) besteht das Quecksilberbarometer aus Gefäss und Röhre mit Quecksilber, nebst Skala. Der senkrechte Abstand der beiden Niveaus heisst der „Barometerstand“. Derselbe beträgt an der Oberfläche des Meeres im Durchschnitt (§ 31) 760 mm („Normaldruck“, „Atmosphärendruck“, kurz „Atmosphäre“).

§ 7.

Eigenschaften eines guten Quecksilberbarometers. Für ein auch zu seinen Beobachtungen brauchbares Instrument ist folgendes zu beachten:

- a) Das zur Anwendung gelangende Quecksilber muss chemisch rein, d. h. frei von fremden Bestandteilen (wie Blei u. a.) sein, damit es sein eigentliches spez. Gewicht 13,596 habe. Mit schwereren oder leichteren Stoffen vermischt würde es dem Luftdruck einen grösseren oder geringeren Widerstand entgegensetzen, als er dem reinen Quecksilber zukommt und es würde somit der Barometerstand zu niedrig oder zu hoch abgelesen werden.
- b) Die Glasröhre muss überall gleich weit sein, und soll nicht unter 4 mm inneren Durchmesser haben.
- c) Die Skala muss genau gefertigt und vollkommen lotrecht angebracht sein. (Warum?)
- d) Der Nullpunkt der Skala muss stets mit dem Gefäss-

Niveau in derselben Horizontalebene liegen oder in eine solche gebracht werden können. Es muss also bei der steten Veränderlichkeit des Barometerstandes (§ 26 ff.) entweder die Skala oder das Niveau verschiebbar sein.

§ 8.

Herstellung eines Quecksilberbarometers.⁴⁾

Man wähle eine möglichst reine, etwa 78 cm lange und nicht unter 4 mm weite⁵⁾, an beiden Enden offene Glasröhre aus. Alsdann sind folgende Arbeiten auszuführen:

1) Die Kalibrierung, d. i. die Untersuchung, ob die Röhre an jeder Stelle ihrer ganzen Länge gleich weit sei. Zu diesem Ende wird ein Quecksilbertropfen in die Röhre eingebracht, wodurch er die Form eines etwas dicken Fadens annimmt. Dieser „Quecksilberfaden“ wird nun durch leichtes Neigen der Röhre nach und nach an alle Stellen der Röhren gebracht und überall gemessen. Ergibt sich eine Verschiedenheit der Länge auch nur an Einer Stelle, so muss die Röhre als unbrauchbar verworfen werden.

2) Die Reinigung. Die kalibrierte Röhre wird vorerst mit kochender Salpetersäure und dann wiederholt mit Wasser ausgespült, hierauf durch sanftes Erwärmen getrocknet, der hierbei sich entwickelnde Wasserdampf aber durch den in der Röhre herrschenden Luftzug entführt und zuletzt die Röhre an dem einen Ende zugeblasen.

3) Die Füllung. Mittels eines gereinigten, sehr feinen und langen Glastrichters füllt man jetzt die Röhre etwa bis zu $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe mit chemisch reinem Quecksilber und erhitzt dieses von unten her mittels einer kleinen Flamme, bis es langsam und gleichmässig zum Sieden kommt. Durch die sich nun entwickelnden Quecksilberdämpfe wird alle etwa in der Flüssigkeit oder an den

⁴⁾ Wüllner, Physik.

⁵⁾ Diese Weite ist das Minimum dessen, was gefordert werden muss. Bringt man nämlich eine enge Glasröhre in ein Gefäss mit Quecksilber, so stellt sich die Flüssigkeit in der Röhre etwas tiefer als ausserhalb. Diese Erscheinung heisst Kapillardepression und wird aus einer gegenseitigen Abstossung zwischen Glas und Quecksilber erklärt. Diese Depression ist nun um so geringer, je weiter die Röhre. Das gegenteilige Verhalten findet z. B. zwischen Glas und Wasser statt. (Kapillar-Attraktion.)

Glaswänden noch vorhandene Luft aus der Röhre entfernt (Cassini 1740), was zur Herstellung eines Vacuum unerlässlich ist.⁶⁾ Das Vorhandensein eines wirklichen Vacuum erkennt man aus dem hellen und scharfen Anschlagen des Quecksilbers am Boden der Röhre, wenn diese leicht hin und her bewegt wird.

4) Die Aufstellung der Röhre. Zum Schluss wird noch mit reinem Quecksilber ganz aufgefüllt, das offene Ende mit dem Finger verschlossen, die Röhre umgekehrt, das noch verschlossene Ende in ein Gefäss unter reines Quecksilber gestellt und die Röhre befestigt.

5) Die Skala wird entweder auf die Röhre selbst eingezätzt oder (§ 7 c. d.) neben der Röhre angebracht und hiemit das Instrument zum Gebrauch fertig gestellt.

Die im Handel kursierenden Instrumente zur Messung des Luftdrucks sind, weil meist fabrikmässig und oberflächlich hergestellt, mit grossem Misstrauen zu betrachten. Dem Auge des aufmerksamen Beobachters wird es nicht entgehen, wie häufig die in den Verkaufsstellen unmittelbar nebeneinander hängenden „Barometer“ ganz verschiedene Barometerstände registrieren, obwohl sie doch sicher unter ganz demselben Luftdruck stehen. Bei Ankauf eines derartigen Apparates wird der Laie also stets gut thun, den Rat eines Sachverständigen zu erholen.

Aber auch bei aller Gewandtheit, Vorsicht und Sorgfalt bei Herstellung derartiger Apparate wird es wohl stets zu den Unmöglichkeiten gehören, ein ganz fehlerfreies Instrument zu Stande zu bringen. Daher muss jedes neue Instrument mit einem bereits bewährten (geprüften) sog. Normalbarometer — innere Röhrenweite nicht unter 12 mm, mit grösster Sorgfalt gearbeitet! — verglichen, die anhaftenden Fehler festgestellt und hierüber ein sogen. Corrections-Certificat beschafft werden. So beglaubigte Barometer können dann selbst als Normalbarometer gelten.

⁶⁾ Nah Morren's Untersuchungen (1865) lässt sich Luft und Dampf niemals gänzlich entfernen. Taupenot empfiehlt als einfacheres und sichereres Verfahren, das offene Ende der Röhre durch einen Kautschukschlauch mit einer Luftpumpe in Verbindung zu bringen, wodurch einerseits die Luft vollständiger entfernt, andererseits Glas und Quecksilber weniger erhitzt, also die Röhre weniger gefährdet und die Entwicklung der der Gesundheit so nachtheiligen Quecksilberdämpfe vermieden wird.

Kann man nun auch alle Fehler niemals ganz vermeiden, so kann man sie doch mehr und mehr verringern und als Produkte der einschlägigen Versuche nennen wir 2 Grundtypen des Quecksilberbarometers, nämlich das Gefäß- und das Heber-Barometer.

§ 9.

Das Gefäßbarometer hat im wesentlichen die beim Torricelli'schen Versuch (§ 2) geschilderte Form beibehalten. Speziell ist aber hier das im Prinzip schon von Ramsden (1786) ausgedachte, von **Fortin** (1820) und Ernst (1847) verbesserte sogenannte Fortin-Barometer zu erwähnen, dessen Eigentümlichkeit in der Einrichtung des einer Kapsel ähnlichen Gefäßes liegt. (Fig. 3.)

Dieses besteht in seinem oberen Teile aus Glas, im unteren aus Metall⁷⁾, ist allseitig — auch oben — zwar nicht luft- aber quecksilberdicht geschlossen und hat als Boden einen Leder-sack, der mittels einer angebrachten Bodenschraube beliebig gehoben oder gesenkt werden kann. — Den (festen) Nullpunkt der Skala bildet die in's Gefäß hinein ragende Spitze eines Elfenbein- oder Stahlkegels,⁸⁾ der im Deckel des Gefäßes befestigt ist.

Wegen Veränderlichkeit des Luftdrucks (§ 26 ff.), also auch der Säule, tritt bald aus der Röhre Quecksilber in's Gefäß, bald umgekehrt. Hiedurch ist ein Steigen oder Fallen des Gefäß-Niveaus und damit ein Eintauchen jener Kegelspitze in's Quecksilber oder ein Abstehen derselben vom Niveau bedingt. Da nun die Spitze in der klaren Quecksilberfläche sich scharf abspiegelt, so ist sowohl das eine wie das andere mit blossen Auge deutlich erkennbar. Durch geringe Bewegung der Bodenschraube lässt sich nun das Niveau stets soweit senken oder heben, dass die Spitze und ihr Spiegelbild sich eben berühren, dass also der Nullpunkt der Skala in die Horizontalebene des Niveaus zu liegen kommt.

⁷⁾ In der Figur ist das Gefäß offen dargestellt, um den Einblick in's Innere desselben nicht zu behindern.

⁸⁾ Quecksilber hat zu Elfenbein und Stahl keine „Adhäsion“, d. h. diese Stoffe werden von Quecksilber nicht benetzt und es kann also auch ein Hinaufsteigen der Flüssigkeit an der Spitze — wie es etwa bei Wasser eintreten würde — nicht erfolgen.

Die „Einstellung,“ d. h. die genaue Bestimmung der Horizontalebene, welche von der Säulenkuppe berührt wird, geschieht mit Hilfe eines über die Röhre geschobenen Ringes R (s. Fig. 3a) und die Ablesung ist mit Hilfe einer eigenen Vorrichtung leicht und einfach.

Es ist dies ein an der Skala verschiebbarer, geteilter kleiner Stab V, „Vernier“ genannt. Er führt seinen Namen von dem französischen Mathematiker Pierre Vernier (geb. 1580), dem diese sinnreiche Vorrichtung zu danken ist.⁹⁾ Dieser Stab hat den Zweck, bei Teilungen, (wie bei Skalen) den Wert von Bruchteilen noch genau erkennen zu lassen. Denkt man sich z. B. den verschiebbaren Stab so geteilt, dass 10 seiner Teile = 19 Skalenteile (also = 19 mm) sind, so ist offenbar jeder Teil des Vernier = 1,9 mm. Bringt man also einen Teilstrich des Vernier mit einem Skalenteilstrich in Eine Gerade, so sind die zwischen die Skalenteilstrieche fallenden Vernierteile der Reihe nach bezüglich $\frac{1}{10}$ mm, $\frac{2}{10}$ mm, ..., so dass also der Barometerstand mit Hilfe einer derartigen Vorrichtung noch bis auf Zehntelmillimeter genau abgelesen werden kann.¹⁰⁾

Am abgelesenen Barometerstand ist indes wegen der Kapillardepression noch eine Korrektion vorzunehmen. Dieselbe ist für Röhrendurchmesser von 4—20 mm von Laplace u. A. berechnet, und aus eigens angefertigten Tabellen zu entnehmen. Der Betrag muss zum abgelesenen Barometerstand selbstverständlich addiert werden.

Beim Transport wird — um Schwankungen des Quecksilbers und Schädigung des Instrumentes zu vermeiden, mittels der erwähnten Bodenschraube der Lederboden soweit gehoben, dass Gefäß und Röhre vom Quecksilber vollständig gefüllt sind.

Zu fernerm Schutz ist bei Instrumenten, welche auf Reisen benützt werden, auch die Röhre mit einer Messinghülse umgeben, welche an ihrem oberen Ende 2 sich diametral gegenüberstehende, mit der Achse der Röhre parallel laufende Spalten zeigt, durch welche die Quecksilberkuppe gut und scharf beachtet werden kann.

⁹⁾ Mit Unrecht heisst dieser Stab zuweilen auch „Nonius“ oder „Nunnez“, da die Erfindung dieses Portugiesen (geb. 1492) von der in Rede stehenden wesentlich verschieden ist. Mit ebensowenig Recht wird auch eine ähnliche Einrichtung bei Kreisteilungen zum Ablesen von Bogenteilen als „Nonius“ bezeichnet.

¹⁰⁾ Die oben beschriebene Teilung, nach welcher 10 Vernierteile = 19 mm sind, findet man z. B. an dem Barometer, welches auf der Münchener meteorologischen Zentralstation im Gebrauch steht.

Die Skala, von welcher nur der obere Teil angegeben zu sein braucht (warum?), ist gewöhnlich auf der Messinghülse eingraviert. Werden nun auf (wissenschaftlichen) Reisen Beobachtungen im Freien angestellt, so wird eine genau vertikal Lage des Instrumentes dadurch gesichert, dass es in einem dreibeinigen Gestell aufgehängt wird, welches nach dem Gebrauch rings um das Barometer zusammengelegt werden kann und so die Stelle eines Futterals vertritt.

§ 10.

Fortsetzung. Das gewöhnliche Zimmerbarometer (Fig. 4), auch Phiolen-, Flaschen- oder Birnbarometer genannt, ist ein Gefässbarometer, wobei das Gefäss durch Erweiterung der unten umgebogenen Röhre hergestellt, oder richtiger, ersetzt ist. Die bei jeder Aenderung des Barometerstandes notwendig eintretende Verschiebung des Gefässniveaus wird (als sehr geringfügig) unbeachtet gelassen und das Niveau als konstant betrachtet. Der Nullpunkt, in der Ebene dieses Niveaus gedacht, gilt daher als fest. Beobachtungsfehler (welcher Art?) sind daher unvermeidlich, solche Instrumente deshalb zu exakten Messungen unbrauchbar.

Beim Radbarometer (Fig. 5), (Hooke 1665—1700) schwimmt auf dem Gefässniveau ein Glaskörperchen, welches alle Bewegungen des Niveaus mitmacht. Es trägt eine lotrechtstehende feine Zahnstange welche ihrerseits in ein Stirnrad greift. Dieses bewegt einen Zeiger, der an einer Kreisbogenskala spielt, die durch Vergleichung mit der eines bereits geprüften Gefässbarometers hergestellt ist. Das Instrument hat und macht keinen Anspruch auf Zuverlässigkeit.

Das Wagbarometer von Morland (1680) und P. Secchi's Barometrograph (1858), der die Veränderungen des Luftdrucks selbstthätig aufschreibt, beruhen auf dem Archimedischen Gesetz¹¹⁾. Das erstere konnte sich als nur scheinbare Verbesserung nicht halten, das letztere ist zu kompliziert, als dass es hier eingehend beschrieben werden könnte.

Für den Gebrauch zur See besitzt man erst seit 1853 ein befriedigendes Normalmarinebarometer. Das gewöhnliche Seebarometer (seit Anf. des 18. Jahrh.) besitzt eine sehr enge

11) „Jeder Körper verliert beim Eintauchen in eine Flüssigkeit soviel von seinem Gewicht, als die von ihm verdrängte Flüssigkeit wiegt.“

Röhre, die sich nur am obern Ende zur Weite einer gewöhnlichen Barometerröhre ausbaucht. Diese Einrichtung verlangsamt die Bewegungen des Quecksilbers und gewährt dadurch den Vorteil, dass das Quecksilber bei den unausgesetzten Schwankungen des Schiffes nicht „pumpt“, wie der Seemann es nennt. Andererseits ist damit der Nachteil verknüpft, dass das Barometer „träge“ wird, d. h. den Veränderungen des Luftdrucks nur langsam folgt. — Das richtige Ablesen ist sehr mannigfachen Gefahren ausgesetzt. An Bord wird das Instrument in beweglichen Ringen aufgehängt, damit es seine vertikale Richtung beibehält.

§ 11.

Ganz verschieden vom Gefässbarometer ist das **Heber-Barometer** (Boyle 1694, Deluc 1772, Gay Lussac 1826), das seinen Namen von der heberähnlichen Gestalt hat (Fig. 9). Dasselbe bietet den grossen Vorteil, dass wegen der gleichen Weite beider Schenkel die Kapillardepression beiderseits gleich gross ist, somit eine diesbezügliche Correction ganz wegfällt. Der Barometerstand ist hier gleich der senkrechten Entfernung beider Niveaus.

Im Lauf der Zeit hat auch dies Instrument manche Abänderung und Verbesserung erfahren. Wegen des verschiedenen Gewichtes beider Schenkel nimmt das Instrument freihängend eine von der vertikalen etwas abweichende Lage an, wodurch ein genaues Ablesen des Barometerstandes erschwert wird. Gay Lussac hat diesem Uebelstand abgeholfen, indem er dem Apparat eine solche Form gab, dass beide Säulen senkrecht untereinander liegen (Fig. 7). Nach dem Füllen der Röhre wird der kürzere Schenkel zugeschmolzen und dann an dessen oberem Ende eine sehr feine Oeffnung angebohrt, welche zwar der Luft den Zutritt, aber dem Quecksilber nicht den Austritt gestattet.

Um das Eindringen von Luft in's Vacuum zu verhindern, wurde später an der ursprünglichen Heberform in der Röhre ein kegelförmiger Glasansatz¹²⁾ (Fig. 6.) angebracht, dessen engeres Ende nach abwärts gerichtet ist und an dessen Mantel und Basis die etwa eingedrungene Luft sich fängt, während das Quecksilber durch die Oeffnung jenes kegelförmigen Ansatzes frei spielen kann.

Wegen des Umstandes, dass bei diesem Barometer das

¹²⁾ Die sogen. „Bunten-Spitze“.

Quecksilber stets in einem Schenkel um so viel fällt, als es im anderen steigt, ist bei fester Skala und Röhre eine doppelte Ablesung nötig, und zwar ist eine Subtraction oder Addition beider Ablesungen auszuführen, je nachdem der Nullpunkt der Skala unter oder zwischen beiden Niveaus liegt.

Wäre z. B. im ersten Falle

der Stand der oberen Kuppe	799,0 mm	oder	807,4 mm
der Stand der unteren „	41,0 mm	„	32,6 mm
so wäre der Barometerstand	758,0 mm	„	774,8 mm
Wäre dagegen im zweiten Falle			
der Stand der oberen Kuppe	644,0 mm	oder	650,0 mm
der Stand der unteren „	105,9 mm	„	111,9 mm
so wäre der Barometerstand	749,9 mm	„	761,9 mm

Der Nachteil, welcher in der Notwendigkeit einer zweimaligen Ablesung liegt und der zugleich eine Fehlerquelle enthält, wird wieder ausgeglichen durch den Vorteil, dass dadurch zugleich eine bequeme Kontrolle für die Genauigkeit der Ablesung gegeben ist. Denn es ist leicht einzusehen, dass im ersten Falle die Summe (840) im zweiten die Differenz (538,1) der Ablesungen für dasselbe Instrument konstant ist.

Ist aber entweder die Skala oder die Röhre (durch Schrauben) verschiebbar, so hat man allerdings den Vorteil, nur Einer Ablesung zu bedürfen, weil dann der Nullpunkt der Skala stets mit dem unteren Quecksilberspiegel in eine Horizontalebene gebracht werden kann; allein eben dieses (genaue) Coincidieren des Spiegels mit dem Nullpunkt ist nicht weniger eine Fehlerquelle als die doppelte Ablesung. In Bezug auf Genauigkeit sind sich also die beiden Methoden gleich.

Beim Transport des Instrumentes wird ein Stöpsel soweit in den kürzeren Schenkel eingeführt, dass der längere sich ganz mit Quecksilber füllt, wodurch ein Schwanken der Flüssigkeit vermieden wird.

§ 12.

Gegenseitiges Wertverhältnis der Heber- und Gefäßbarometer. Trotz den erwähnten Fehlerquellen ist das Heberbarometer ein sehr genaues und relativ vollkommenes Instrument. Es hat im Vergleich zum Gefäßbarometer den ganz besonderen Vorzug, dass der Barometerstand bei ihm durch die Adhäsion

nicht beeinflusst wird; denn weil beide Schenkel von gleicher Weite sind, so ist die Adhäsion auch beiderseits gleich gross und kommt somit bei der Ablesung nicht in Betracht. Nach dem Urtheil des österr. Meteorologen Jelinek eignen sich die Heberbarometer denn auch ganz gut zu Beobachtungen, die auf fixen Punkten angestellt werden und sind daher mehrfach, z. B. auf preussischen, sächsischen und italienischen Stationen gebräuchlich. Doch sind sie, besonders bei feinerer Einrichtung, immer kostspielig und überdies schwer transportabel. Was die in Oesterreich gebräuchlichen Heberbarometer (System Gay-Lussac nebst Buntenspitze) anlangt, so sind sie allerdings leicht zu transportieren und daher zu Höhenmessungen (wovon später) vorzugsweise geeignet, allein die ziemliche Enge des Verbindungsstückes, sowie die Buntenspitze machen das Instrument etwas träger und weniger empfindlich als die nach Fortin konstruirten Apparate, wie sie auf der deutschen Seewarte in Hamburg und an der k. b. meteorol. Centralstation in München im Gebrauch sind.

Im Ganzen stimmen die Meteorologen so ziemlich in der Ansicht überein, dass ein gut gearbeitetes Gefässbarometer Fortin'scher Einrichtung den übrigen vorzuziehen sei. Die einzige Unbequemlichkeit besteht darin, dass die Oberfläche des im Gefäss befindlichen Quecksilbers sich mit der Zeit trübt und daher gereinigt werden muss.

§ 13.

Corréction wegen der Temperatur. Die Temperatur der das Instrument umgebenden Luftschichten wirkt durch die Röhre hindurch mittelbar und im offenen Teile unmittelbar auf das Quecksilber und alteriert hiedurch den Barometerstand.

Bei jeder Zu- oder Abnahme der Temperatur erfolgt nämlich auch eine Zu- oder Abnahme jedes Körpervolumens, also auch des Quecksilbers, und zwar ist diese Aenderung proportional der Längenausdehnung des Körpers und der Temperaturzu- oder Abnahme und da die Säule eine verhältnismässig bedeutende Länge besitzt, würde die Ausserachtlassung dieser Wärmewirkung zu Beobachtungsfehlern führen, welche nicht nur die Genauigkeit der Beobachtungen an sich beeinträchtigen, sondern auch die Vergleichung mehrerer zwar gleichzeitig, aber unter verschiedenen Temperaturverhältnissen angestellten Beobachtungen und die daraus zu

ziehenden Schlüsse auf die thatsächliche Verteilung des Luftdrucks unmöglich machen würden.

Zahlreiche Untersuchungen (von Regnault u. A.) haben nun ergeben, dass eine Quecksilbersäule bei einer Temperaturerhöhung um 1°C sich um das 0,00018018 ($= \alpha$) fache ihrer Länge ausdehnt,¹³⁾ und dass diese Ausdehnung, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, der Temperaturzunahme proportional sei. Hat also eine Quecksilbersäule bei 0°C eine Länge $= l_0$, so hat sie bei $+1^{\circ}\text{C}$ eine solche $l_1 = l_0 + \alpha \cdot l_0 = l_0 (1 + \alpha)$ und bei $+t^{\circ}$ eine Länge $l_t = l_0 (1 + \alpha t)$ erreicht. Auf den Barometerstand b angewendet, ist also $b_t = b_0 (1 + \alpha t)$ woraus

$$b_0 = \frac{b_t}{1 + \alpha t} = b_t (1 - \alpha t)$$

folgt.

Diese Gleichung giebt ein Mittel an die Hand, Barometerstände, die unter ganz verschiedenen Temperaturverhältnissen beobachtet wurden, auf die „Normaltemperatur“, als welche 0°C angenommen ist, zu reduzieren.

Der Einfluss der Temperatur erstreckt sich begreiflicherweise auch auf die Skala, deren Teilstriche bei Temperaturänderungen auseinander, resp. zusammenrücken, wodurch ein zu tiefer, resp. zu hoher Barometerstand abgelesen wird. Doch sind diese Änderungen für unseren Zweck von zu geringer Bedeutung, als dass hier näher darauf einzugehen wäre.

§ 14.

Glycerinbarometer. Wenn auch (§. 4) das Quecksilber Eigenschaften besitzt, welche zu Beobachtungen und Messungen des Luftdrucks in eminentem Grade qualifizieren, so sind damit doch andere Flüssigkeiten nicht geradezu ausgeschlossen. Zwar bringen solche ausnahmslos den Nachteil mit sich, dass sie wegen ihres geringeren spez. Gewichtes eine viel höhere Säulenhöhe verlangen; so müsste z. B. eine Glycerinsäule¹⁴⁾ eine Höhe haben, die sich aus der Proportion $1,27 : 13,596 = 760 : x$ auf

¹³⁾ Die unbenannte Zahl, welche das Verhältnis der Ausdehnung zur urspr. Länge angibt, heisst der „Ausdehnungskoeffizient“ (A. C.) eines Stoffes.

¹⁴⁾ sp. Gew. des Glycerins = 1,27.

etwa 8 m berechnet.¹⁵⁾ Doch stehen diesem Nachteil gerade bei letzterwähnter Flüssigkeit verschiedene Vorzüge gegenüber. Denn

a) Glycerindämpfe entwickeln sich selbst im leeren Raume nicht so leicht, wie Wasserdämpfe oder andere;

b) sie haben geringe Spannung, d. h. auch wenn sie sich entwickeln, so heben sie den auf das Gefässniveau wirkenden atmosphärischen Druck nur zu einem ganz geringen Teil auf;

c) Glycerin kocht erst bei 150° C., ist also auch gegen Temperatureinflüsse nicht sehr empfindlich;

d) wegen seines geringen spezifischen Gewichtes gäbe eine Glycerinsäule die kleinsten Veränderungen des Luftdrucks sogar viel deutlicher als eine Quecksilbersäule an. Denn da die spez. Gewichte beider sich nahe wie 1 : 10 verhalten, würde die Glycerinsäule schon eine Differenz von 10 mm angeben, wo die Quecksilbersäule erst eine solche von 1 mm zeigt.

In der That hat Jordan in England für die Ausstellung wissenschaftlicher Instrumente in South-Kensington ein Glycerin-Barometer konstruiert, dessen Gefäß im Parterre sich befindet, während die Ablesung im ersten Stockwerk vorzunehmen ist.¹⁶⁾

B. Barometer ohne Flüssigkeit.

§ 15.

Während die bisher betrachteten Barometer auf dem hydrostatischen Gesetz der kommunizierenden Gefässe (§ 1) beruhen, gründen sich die Barometer ohne Flüssigkeit auf das Gesetz, dass die Biegung von Röhren und Stäben im geraden Verhältnis zu den wirkenden Kräften (hier: zum Luftdruck) stehe.¹⁷⁾ Sie werden Aneroide (*à priv.* und *μηρός* flüssig)¹⁸⁾ — auch Holosterics (*ὄλος*, ganz u. *στερεός*, fest, d. h. „im Gegensatz zur ersten Gruppe ganz aus festen Stoffen bestehend“), mit Einem Namen aber „Metallbarometer“ genannt.

¹⁵⁾ Im Gleichgewichtsfalle verhalten sich die Höhen solcher Säulen umgekehrt wie die spez. Gewichte der Flüssigkeiten.

¹⁶⁾ Mohn.

¹⁷⁾ Reis, Physik.

¹⁸⁾ Karmarsch und Heeren.

Es sind zu nennen

- 1) das Holosterie von Vidi (1847);
- 2) das Aneroid nach Bourdon (1853).

§ 16.

Das Holosterie von Vidi (Fig. 8) besteht der Hauptsache nach aus einer etwa 7 mm tiefen Messingdose mit sehr dünnem und elastischem Deckel. Dieselbe ist möglichst luftleer gemacht und luftdicht verschlossen. Bei steigendem Luftdruck wird der Deckel einwärts gedrückt und ein Hebelwerk besorgt die Uebertragung dieser für das freie Auge unmerklichen Bewegung in etwa 800 maliger Vergrößerung auf einen Zeiger, der an einer Kreisteilung spielt. Bei abnehmendem Luftdruck erfolgt der ganze Vorgang im entgegengesetzten Sinne. Die Kreisteilung ist nach den Angaben eines guten Quecksilberbarometers, also empirisch hergestellt.

Ausser dem erwähnten Zeiger ist noch ein zweiter mittels eines Knopfes willkürlich drehbarer Zeiger¹⁹⁾ vorhanden, welcher den Zweck hat, eine beobachtete Stellung des Barometerzeigers zu markieren, und so bei der nächsten Beobachtung eine wenn auch geringe Aenderung des Luftdrucks erkennbar zu machen.

§ 17.

Bei **Bourdon's Aneroid** (Fig. 9) ist die vorhin erwähnte leere Dose durch eine ebenso zugerichtete, gebogene, dünne Blechröhre vertreten, die in der Mitte am Boden eines Gehäuses befestigt ist und deren Enden durch ein Hebelwerk mit einander verbunden sind. Bei steigendem Luftdruck nähern sich die Enden der Röhre einander, da derselbe auf die (grössere) Aussenseite mehr als auf die (kleinere) innere Rundung der Röhre wirken kann; das Hebelwerk wird in Bewegung gesetzt und gleichzeitig ein mit ihm fest verbundenes gezahntes Radstück, welches in einen sich nun ebenfalls drehenden Zeiger eingreift. Bei abnehmendem Luftdruck erfolgt begreiflicherweise die ganze Bewegung in entgegengesetzter Richtung. Auch hier liegen der Skala die Angaben eines bewährten Quecksilberbarometers zu Grunde.

¹⁹⁾ In der Figur nicht angegeben.

§ 18.

Der **Wert dieser Instrumente**, welche man mit Dr. S. Günther kurz als Dosen-, resp. Röhren-Aneroide bezeichnen kann, liegt zunächst in ihrem kleinen Volumen und der daraus sich ergebenden Handlichkeit; sie sind bequem zu tragen und bedürfen auch auf weiteren Transporten durchaus nicht der vorsichtigen Behandlung wie die Quecksilberbarometer. Dieser Vorzug befähigt sie in hervorragender Weise zur Verwendung bei Luftfahrten, sowie bei Beobachtungen in entlegenen Gegenden, z. B. auf hohen Bergen; auch bieten sie hinlängliche Genauigkeit, wenn Luftdruck oder Temperatur sich nicht allzu rasch ändern. Diese Eigenschaften sind auch der Grund ihrer raschen Einführung, und weiten Verbreitung in allen Grössen — vom kleinen Taschenuhren-Format, in welchem sie als Zimmerschmuck dienen, bis zu den kolossalen transparenten Exemplaren auf Leuchttürmen und in Seehäfen.

Wenn sorgfältig gearbeitet und mit den neuesten Verbesserungen ausgestattet, wie z. B. die Apparate von Goldschmid (Hottinger) in Zürich, und jene von Naudet, sowie ganz besonders das „Variationsbarometer“ v. Prof. Kohlrausch in Würzburg, nähern sie sich sogar Präzisionsinstrumenten an Genauigkeit der Angaben.

Diesen Vorzügen stehen aber nicht geringe Nachteile gegenüber.

Die Metallbarometer ändern nämlich ihren Nullpunkt oft ganz plötzlich; unsicher sind ihre Angaben bei geringem Luftdruck, wie z. B. in bedeutender Höhe über dem flachen Land, so dass sie bei 600 mm Luftdruck unbrauchbar werden. Der Grund hiefür liegt vielleicht darin, dass ein so geringer Luftdruck den Reibungswiderstand des Hebelwerks, der Räder und Zeiger nicht mehr zu besiegen vermag. Dieselbe Ursache bringt den weiteren Nachteil, dass die Zeiger raschen Druckänderungen nicht sogleich und völlig zu folgen vermögen.

§ 19.

Halten wir zum Schluss auch noch die beiden Hauptgruppen nämlich **Quecksilber- und Metallbarometer** gegeneinander, so ergibt sich folgendes.

Die letzteren haben wie gesagt, den Vorzug kleinen Volumens, grösserer Transportfähigkeit, sowie grösserer Widerstandskraft gegen Druck und Stoss und sind auch in Polargegenden von besonderer Brauchbarkeit, weil sie dort noch funktionieren, während ob der sehr niederen Temperatur das Quecksilber gefriert. — Was Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Empfindlichkeit anbelangt, finden sie bei ihrer gegenwärtigen Vervollkommnung bei Eisenbahntragierungen, sowie bei geodätischen Vermessungen häufige und befriedigende Verwendung.²⁰⁾ Dagegen ist die Einwirkung der Wärme auf ihren Gang sehr verwickelt und daher nicht so einfach in Rechnung zu bringen wie bei einem Quecksilberbarometer. Auch verhält sich nach Direktor v. Bauernfeind's neuesten Untersuchungen die Genauigkeit einer mittels Aneroid ausgeführten Messung zu der bei Messungen mittels Quecksilberbarometer erreichten doch nur wie 10:17, weshalb denn bei exakten wissenschaftlichen Beobachtungen, wie sie z. B. in physikalischen und chemischen Laboratorien anzustellen sind, auch das beste Aneroid niemals ein gutes Quecksilberbarometer ersetzen kann.

II. Teil.

Anwendung des Barometers.

§ 20.

Ueberblick. Als Torricelli seinen so berühmt gewordenen Versuch anstellte, ahnte er sicher nicht, welch' grosse Rolle das im Prinzip von ihm erfundene Instrument in der Zukunft spielen werde. In der That ist diese so einfache Vorrichtung zur Messung des Luftdrucks der Wegweiser zur Konstruktion einer

²⁰⁾ „In Bayern findet die Originalaufnahme eines Terrains im Massstab 1:5000 statt. Dabei werden im Anschluss an die trigonometrisch gemessenen Punkte eine ausserordentlich grosse Anzahl von Zwischenpunkten mit Aneroidbarometern bestimmt“. (Zuschrift d. deutsch-öster. Alpenvereins. Jahrgang 1881. Aufsatz von L. Obermair.)

ganzen Reihe physikalischer Apparate geworden. Sämtliche Vorrichtungen, deren Wirkung auf der Elastizität und dem Drucke der Luft beruhen wie Luftpumpe, Feuerspritze, hydraulischer Widder, auch die Dampfmaschine in ihrem ursprünglichen Baue — sie alle waren erst möglich, nachdem jener überraschend einfache Apparat Torricelli's existierte, und heute noch ist dieser dem Naturforscher unentbehrlich zu seinen Wägungen, sowie zu Untersuchungen und Beobachtungen chemischer, akustischer, optischer und thermischer Erscheinungen, da hiebei stets auf den Luftdruck Rücksicht zu nehmen ist.

Doch liegen Betrachtungen solcher Art nicht mehr im Rahmen dieser Abhandlung, vielmehr beschränken wir uns auf 3 Fälle, in denen das Barometer zwar nicht ausschliesslich zu Rat gezogen wird, aber doch die Hauptrolle übernimmt. Es sind dies
die Bestimmung der Grösse des Luftdrucks,
Höhenmessungen und
Witterungsbeobachtungen.

§ 20.

Grösse des Luftdrucks. Wir wissen aus §. 3, dass der Luftdruck einer Quecksilbersäule das Gleichgewicht hält, welche dem jeweiligen Barometerstand an Höhe gleich kommt. Das Gewicht dieser Quecksilbersäule ist somit ein Mass für den Luftdruck. Dieses Gewicht P ist aber leicht zu finden, wenn die Basis (Querschnitt) q , die Höhe h der Säule und das spez. Gewicht s des Quecksilbers bekannt sind. Es ist dann

$$P = q \cdot h \cdot s.$$

Am Meeresspiegel ist nun (§ 6) der Barometerstand h im Mittel (§ 30) bei $0^\circ \text{C} = 760 \text{ mm}$, und das spez. Gewicht s des Quecksilbers $= 13,596$. Nehmen wir nun als Querschnitt der Säule $q = 1 \text{ qcm}$ an, so erhalten wir den Druck, den die Luft bei einem Barometerstand von 760 mm auf jeden qcm eines Gegenstandes und somit auch der Erdoberfläche ausübt. Es ergibt sich

$P = (1 \cdot 76 \cdot 13,596) \text{ g} = 1,033 \text{ kg}$,
somit etwas mehr als 2 Zolpfund.²¹⁾ Dieser Druck wird als „At-

²¹⁾ Eine Tischplatte von 2 m Länge und 1 m Breite, also von 20000 qcm Fläche hat demnach von oben bei einem Barometerstand von 760 mm einen Druck von rund 400 Zolzentner auszuhalten. Dass die Tischbeine trotz dieses

mosphärendruck“ oder kurz als „1 Atmosphäre“ bezeichnet, und gilt selbst als Einheit, um z. B. die Dampfspannung bei Dampfmaschinen zu messen.

Aus der Grösse dieses Druckes ist leicht zu erkennen, welch' bedeutende mechanische Wirkungen mit Hilfe des Luftdrucks erzielt werden können, wenn nur dafür gesorgt ist, dass derselbe einseitig zur Geltung kommt.²²⁾ So bedient sich z. B. die Industrie des Luftdrucks zur Imprägnierung von Gegenständen der verschiedensten Art mit Farbstoffen etc.

Mit Hilfe der Gleichung $P = q \cdot h$ s. ist nun auch die Frage nach dem Gewicht der ganzen Atmosphäre leicht zu beantworten. Die Atmosphäre ist einem Meere vergleichbar, welches die ganze Erdkugel umflutet und das auf jeden qcm ihrer Oberfläche — 76 cm Barometerstand vorausgesetzt — mit derselben Kraft drückt, wie es ein Quecksilbermeer von 76 cm Tiefe thun würde. (Die Erde ist hiebei als vollkommene Kugel gedacht). Nimmt man den Radius der Erde zu 859,5 Meil. à 7430 m, so ergibt sich hieraus das Gewicht der ganzen Luftmasse unter der genannten Bedingung in runder Zahl = 80000 Billionen Zolltr.

§ 22.

Abnahme des Luftdrucks nach oben. Aus § 3 d folgt, dass der Luftdruck in höheren Regionen geringer ist, als in tiefer gelegenen; aus dem Expansionsbestreben der Luft folgt ferner, dass auch die Dichtigkeit der Luft in höheren Regionen mehr und mehr abnimmt.

An der Hand des Mariotte'schen Gesetzes²³⁾ lässt sich aber überdies zeigen, dass diese Abnahme der Luft-Dichtigkeit und mithin auch des Luft-Druckes vollkommen **gesetzmässig** ist.

ungeheuren Druckes nicht geknickt worden, hat seinen Grund in der Elastizität der Luft, vermöge welcher sie nicht einseitig, sondern nach jeder Richtung, also auch von unten nach oben etc. mit derselben Stärke drückt, wodurch Gleichgewicht hergestellt wird.

²²⁾ Beispiel: Das Haften der Gelenke in den Gelenkpfannen.

²³⁾ „Dichtigkeit der Gase und Druck stehen in geradem, Dichtigkeit und Volumen, also auch Druck und Volumen in umgekehrtem Verhältniss“, sonst gleiche Umstände, wie Temperatur etc. vorausgesetzt. (Mariotte in Frankreich 1676 und gleichzeitig Boyle in England.)

Denken wir uns, ein Beobachter befinde sich successive in den eine steigende arithm. Progression bildenden Höhen von

0, 1, 2, 3 h Masseinheiten

über der Erde und die in diesen Höhen beobachteten Barometerstände seien bezüglich

B, B_1, B_2, B_3, b ²⁴⁾

so gibt offenbar die Differenz $B - B_1$ die Höhe einer Quecksilber-Säule von dem Gewichte der untersten Luftschicht; ebenso sind $B_1 - B_2, B_2 - B_3, B_{h-1} - b$ die Höhen der folgenden Quecksilbersäulen bis zur hten Schicht einschliesslich. Das Verhältniss $(B - B_1) : (B_1 - B_2) : (B_2 - B_3) : (B_{h-1} - b)$ gibt daher nicht nur das Gewichtsverhältniss der aufeinander folgenden Säulen, sondern auch (nach Mariotte) das in den aufeinander folgenden Schichten herrschende Druckverhältniss an. Dieses letztere geben aber auch die Barometerstände $B_1, B_2 b$ an. Wir haben also für das Druckverhältniss gleichzeitig 2 (fortlaufende) Verhältnisse, die offenbar einander gleich sind, daher die Proportion

$$(B - B_1) : (B_1 - B_2) = B_1 : B_2$$

Greifen wir aus dieser fortlaufenden Proportion eine einfache, etwa:

$$(B - B_1) : (B_1 - B_2) = B_1 : B_2 \text{ oder}$$

$$(B - B_1) : B_1 = (B_1 - B_2) : B_2 \text{ heraus,}$$

so erhalten wir durch Summierung (Proportionslehre)

$$B : B_1 = B_1 : B_2$$

d. h. die in je 3 aufeinander folgenden Luftschichten von gleicher Höhe herrschenden Barometerstände bilden eine fallende stetige geometr. Proportion und somit alle Barometerstände eine fallende geometr. Progression.

Das in Rede stehende Gesetz der Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe lässt sich daher so formulieren:

Erhebt man sich nach und nach über den Meeresspiegel in Höhen, welche in **arithmetischer** Progression stehen, so bilden die in den einzelnen aufeinander folgenden Höhen beobachteten Barometerstände eine fallende **geometrische** Progression. (Halley).

²⁴⁾ wo natürlich $B_1 > B_2 > > b$.

§ 23.

Barometrische Höhenmessung. (Baro-Hypsometrie). Die Reihe

$$B, B_1, B_2, \dots, b,$$

die wir nun als fallende geometr. Progression erkannt haben, enthält, da b an der oberen Grenze der h ten Luftschichte beobachtet ist, $(h + 1)$ Glieder und den Quotienten $\frac{B_1}{B}$, somit ist

$$b = B \left(\frac{B_1}{B} \right)^h$$

$$\text{also } h = \frac{\log B - \log b}{\log B - \log B_1}.$$

Diese zuerst von Halley aufgestellte Gleichung gibt die Höhe eines Punktes über dem Meeresspiegel an, wenn die gleichzeitig beobachteten Barometerstände an beiden Stationen B u. b sind, und zwar in derjenigen Masseinheit, in welcher die Höhen der Luftschichten ausgedrückt sind.

Das Barometer steht nun am Meeresspiegel im Durchschnitt auf 760 mm und fällt um 1 mm, wenn man sich mit demselben um 10,5 m senkrecht erhebt.²⁵⁾ Nehmen wir nun als gemeinschaftliche Höhe der gedachten Luftschichten 10,5 m an, so können wir $B = 760$ und $B_1 = 759$ setzen und es wird

$$h = \frac{\log 760 - \log b}{\log 760 - \log 759} \cdot 10,5 \text{ m.}$$

Der Nenner dieses Quotienten ist konstant = 0,005718 und

$$\frac{10,5}{0,005718} \text{ m} = 18363 \text{ m,}$$

$$\text{so dass } h = 18363 \log \left(\frac{760}{b} \right) \quad (I).$$

ist. Für einen anderen etwa in grösserer Höhe h' befindlichen Punkt möge zur selben Zeit der Barometerstand = b' sein, so ergibt sich für diese Seehöhe ganz ebenso

$$h' = 18363 \log \left(\frac{760}{b'} \right), \quad (Ia)$$

²⁵⁾ Da die Dichte der Luft mit zunehmender Höhe abnimmt, so gilt das Gesagte streng nur innerhalb enger Grenzen. In der Höhe von Potosi (Mexico) z. B., 4300 m über d. Meer, muss man sich, wenn die Säule um den gleichen Betrag fallen soll, schon ca. 16,8 m senkrecht erheben.

daher für den Höhenunterschied beider oberen Stationen

$$\begin{aligned} h' - h &= 18363 \left[\log \frac{760}{b'} - \log \frac{760}{b} \right] \\ &= 18363 \log \frac{b}{b'}. \end{aligned} \quad (\text{II}).$$

Man sieht, dass die Gl. (II) auch für Bestimmung der Seehöhe gebraucht werden kann, wenn man statt der Grösse b den Durchschnittsluftdruck 760 mm, wie er am Meeresspiegel beobachtet wird, substituiert.

Die Gl. (II) ist somit die Grundlage für jede barometrische Höhenbestimmung. Es kommt jedoch zu bemerken, dass

1) der Barometerstand von 760 mm von der Temperatur 0°C zu verstehen ist und dass somit auch b und b' vor der Substitution auf diese Normaltemperatur zurückzuführen sind (§ 13);

2) die angenommene Höhe (von 10,5 m) einer Luftschicht ebenfalls nur für die Normaltemperatur gilt, dass also diese Konstante für jede andere Temperatur einer Korrektur bedarf. Sind nun die an der untern und obern Station gleichzeitig beobachteten Temperaturen bezw. t_1 und t_2 , so kann ohne starken Fehler als gemeinsame Temperatur der ganzen Luftschicht das arithmetische Mittel $\frac{t_1 + t_2}{2}$ gesetzt werden und da der A. C. (§ 13 Anm.) der Luft = 0,00366, oder abgerundet 0,004 ist, so dehnt sich eine bei 0°C 10,5 m hohe Luftschicht bei einer Temperaturerhöhung um $\left(\frac{t_1 + t_2}{2}\right)^\circ \text{C}$ auf $10,5 \left(1 + 0,004 \cdot \frac{t_1 + t_2}{2}\right) \text{ m}$ = $10,5 \left(1 + 2 \frac{(t_1 + t_2)}{1000}\right) \text{ m}$ aus, so dass behufs genauerer Bestimmung zu obiger Grösse (Gl. II) noch der Faktor $\left(1 + \frac{2(t_1 + t_2)}{1000}\right)$ hinzutreten muss; dazu kämen

3) noch mannigfache Verbesserungen in Rücksicht auf den jeweiligen Feuchtigkeitsgrad der Luft, auf die geogr. Breite der Beobachtungsorte u. s. w.

So stellte Laplace seine (später durch v. Bauernfeind in München vervollständigte) Formel

$$h = 18382 \log \frac{b}{b'} \left[1 + \frac{2(t_1 + t_2)}{1000} \right] (1 + 0,00265 \cos 2\varphi \left[1 + \frac{h}{r} \right])$$

auf, in welcher

h die Höhendifferenz beider Beobachtungsorte,
b u. b' die gleichzeitig beob. Barom.-Stände,
t₁ u. t₂ die bezügl. Temperaturen,
φ das arithm. Mittel der g. Br. beider Stationen,
r den Erdradius

bedeutet. Aber h verschwindet nahezu für alle auf der Erdoberfläche vorgenommenen Messungen gegen die Grösse r, und es ist daher kein bemerkbarer Fehler, $\frac{h}{r} = 0$ zu setzen; ebenso ist für unsere (mitteleuropäischen) Gegenden sehr nahe $\cos 2\varphi = 0$. Somit unterscheiden sich die beiden letzten Faktoren nur ganz wenig von 1 und wir können setzen

$$h = 18382 \log \frac{b}{b'} \left[1 + \frac{2(t_1 + t_2)}{1000} \right]. \quad (\text{III}).$$

Mit Hilfe einer von der höheren Mathematik dargebotenen Entwicklung lässt sich nach Babinet's Vorgang die Rechnung mit den Logarithmen der Barometerstände vermeiden und

$$h = 15966,24 \left(1 + \frac{2(t_1 + t_2)}{1000} \right) \frac{b - b'}{b + b'}$$

annehmen. Die Genauigkeit der letzteren Formel genügt, wenn die Höhendifferenz 200 bis 300 m nicht übersteigt. Ist die Differenz grösser, so ist es nötig, Zwischenbeobachtungen anzustellen, und hieraus nach obiger Vergleichung die Zwischendifferenzen zu bestimmen. (Vgl. § 31.)

Es darf übrigens nicht verschwiegen werden, dass auch die mit grösster Sorgfalt und mit den besten Instrumenten angestellten Beobachtungen eine Gewähr für absolute Genauigkeit nicht bieten; insbesondere gilt dies von Gebirgsgegenden, dem eigentlichen Gebiete hypsometrischer Untersuchungen, da gerade hier der Temperaturwechsel oft sehr rasch vor sich geht, was — wie wir nun wissen — von wesentlichem Einflusse auf den Barometerstand ist.

§ 24.

Geschichtliche Notizen über Baro-Hypsometrie.

- 1648 Perier macht auf Pascal's Veranlassung die ersten Versuche über Abnahme des Barometerstandes bei zunehmender Höhe auf dem Puy de Dôme bei Clermont.

Zw. 1648 u. 1721 (?) Hooke beobachtet umgekehrt in tiefen Kohlenschachten einen höheren Barometerstand als an der Erdoberfläche. Gleichzeitig

1657—1667 Untersuchungen der Mitglieder der Accademia del Cimento²⁶⁾ in Florenz und des franz. Anatomen Pecquet aus Dieppe (gest. 1674).

1676. Mariotte ermittelt im Keller und auf dem Turm der Sternwarte zu Paris, um wie viel das Barometer steige oder falle, wenn man sich um ein gewisses in die Tiefe oder Höhe begibt und findet genau $\frac{3}{4}$ par. Linien auf 84 par. Fuss.²⁷⁾

1687. Halley entdeckt und beweist das Gesetz, dass einer steigenden arithmetischen Reihe der Höhen eine fallende geometrische Reihe der Barometerstände entspreche.

1696 ? Prof. Sinclair zu Glasgow stellt zuerst eigentliche barometrische Messungen, und zwar auf einigen Hügeln in Schottland an, geht aber dabei noch von der irrigen Ansicht aus, dass die Atmosphäre in jeder Höhe gleiche Dichtigkeit besitze.

1697. Halley prüft seine Theorie durch den praktischen Versuch an der Meeresoberfläche und in der Höhe des Snowdon, berücksichtigt aber in seiner Formel $h = A \log \frac{b}{b'}$ (s. Gl. II. S. 23) noch nicht den Einfluss der Temperatur auf's Quecksilber.

1709 } Scheuchzer, } suchen durch direkte Messungen an senk-
1730 } Celsius, } rechten Felswänden den Coeff. A in Halleys
1743 } Schober, } Formel zu bestimmen.

1751. Joh. Tob. Mayer (geb. 1723 zu Marbach), Professor zu Göttingen, gibt als einfachere Formel $h = 10000 \cdot \log \frac{b}{b'}$, was bei einer Durchschnittstemperatur von $13\frac{2}{3}^{\circ}$ C der Wahrheit ziemlich nahe kommt.

Neuere Zeit. Deluc aus Genf (gest. 1817), Horseley, Dumen, Schuckburg, Hennert, Trembl. Kramp u. A. beschäftigen sich mit dieser Formel; allein erst Laplace (gest. 1827 zu Paris) stellt die genauere nach ihm benannte Formel auf.

²⁶⁾ Zu deutsch „Akademie des Versuchs“, (Cimento vom lat. specimen, specimentum), so genannt, weil sie sich zur Aufgabe gestellt hatte, die Naturgesetze allein auf dem Wege des Experiments zu ergründen.

²⁷⁾ d. i. 3 mm auf 27,287 m.

Neueste Zeit. Direktor v. Bauernfeind in München vervollständigt die Laplace'sche Formel durch Berücksichtigung der Dampfspannung, der Temperatur des Quecksilbers an beiden Barometerstationen, der Beobachtungszeit etc. (Günther Geophysik Bd. II S. 109).

§ 25.

Die Höhe der Atmosphäre würde sich nach dem Gesetze der kommunizierenden Gefässe (§ 1) für ungleiche Flüssigkeiten²⁸⁾ bei einem Barometerstand von 760 mm einfach aus der Proportion

$$760 : x = 0,00129 : 13,596$$

ergeben, wobei 0,00129 u. 13,596 die spez. Gewichte der atmosphärischen Luft und des Quecksilbers sind. Hierbei ist jedoch vorausgesetzt, dass die atmosph. Luft in jeder Höhe gleiche Dichte besitze, wie das Quecksilber, — eine Voraussetzung, die nach § 22 unrichtig ist. Diese Proportion liefert denn auch ein ganz unbrauchbares Resultat.

Ein besseres, wenn schon immer noch ungenaues Ergebnis erhält man, wenn in der Gl. (I) des § 23 $b = 1$ mm gesetzt wird. Die Grösse h gibt dann jene Höhe in Metern an, für welche der Barometerstand nur noch 1 mm beträgt. Man erhält

$$h = (18363. \log 760) \text{ m} = 52885 \text{ m},$$

also zwischen 7 u. 8 g. Meilen. Aber dies wäre immer noch nicht die Grenze der Atmosphäre, jedoch stünde man, wie gesagt, der Wahrheit näher.

Bei dem Expansionsbestreben sowie bei der grossen Beweglichkeit und steten Ruhelosigkeit der atmosphärischen Luft, deren Wellen oft zu einer Höhe emporsteigen, gegen welche die der höchsten Wasserwogen des Ozeans ein Kinderspiel ist, wird es übrigens wohl niemals zu einer Gewissheit über die wahre Höhe der Atmosphäre kommen können. Die Angaben der Forscher bewegen sich denn auch zwischen den weitesten Grenzen. Während Ptolemäus, der Schöpfer des nach ihm benannten Weltsystems, die Atmosphäre bis zum Mond (ca. 50000 Meilen) ausgedehnt wissen will, geben spätere und auch die neueren Beobachter diese Höhe viel geringer an.

²⁸⁾ Die Luft lässt sich in gewissem Sinn auch als Fluidum betrachten.

Die Methoden, die zur annäherungsweisen Bestimmung der fraglichen Höhe gedient haben²⁹⁾, sind hauptsächlich folgende drei:

1) Die optische Methode. Der Araber Alhazen (in Spanien, 11. Jahrh.?) dem sich mit einigen Verbesserungen auch Kepler anschloss, bestimmte aus der konstanten Dauer der Abenddämmerung und der daraus zu erschliessenden Höhe der äussersten lichtbrechenden Luftschichten die Atmosphärenhöhe auf 52000 Schritte.

2) Die mechanische Methode, nach welcher für einen Punkt des Aequators diejenige Entfernung vom Erdmittelpunkte bestimmt wird, für welche Gravitation und Centrifugalkraft im Gleichgewicht stehen. So fand der Schwede Melanderhjelm (18. Jahrh.) 4833, Laplace aber 5682 g. Ml., was (den Erdradius zu 860 Meil. angenommen) bezw. 3973 und 4822 Meil. als gesuchte Atmosphärenhöhe ergibt.

3) Die astronomische Methode. Da das Glühen der Meteoriten aus deren Reibung an der atmosph. Luft erklärt wird, so schliesst der Astronom Schiaparelli in Mailand nach der Höhe, in welcher noch solche Entzündungserscheinungen beobachtet werden, auf eine Höhe der Atmosphäre, welche 200000 m bei weitem übersteigen muss. Nach dem augenblicklichen Stande der Wissenschaft ist eine Atmosphärenhöhe von 30 Myriametern = ca. 40 Meilen das wahrscheinlichste.

§ 26.

Barometerschwankungen. Das Barometer bewahrt, wie bekannt, nicht immer denselben Stand, sondern ist in stetem Sinken und Steigen begriffen³⁰⁾. Schon Torricelli hat diese Veränderlichkeit bemerkt, und Otto v. Guericke nannte infolge derselben Wahrnehmung sein Instrument „Semper vivum“. Auch Pascal beobachtete (1647), dass die Säule eine Standveränderlichkeit von 1,6 par. Zoll (ca. 43 mm) besitze und im Winter durchschnittlich höher sei als im Sommer. Seit 1666 hat sich Dr. Beale genauer hiemit beschäftigt und seit Anfang unseres Jahrhunderts wurden

²⁹⁾ Günther, Geophysik.

³⁰⁾ Von dieser steten Beweglichkeit dürfte unser deutsches Sprichwort „unruhig wie Quecksilber“ abzuleiten sein.

unsere Kenntnisse nach dieser Richtung durch Beobachtungen von v. Humboldt, Bravais, Kämtz, Forbes und Sabine sehr bereichert.

Diese Bewegungen der Säule sind zum Teil ganz regellos, zum Teil aber auch streng gesetzmässig, und diese letzteren sind es, die man im engeren Sinne als „Barometerschwankungen“ bezeichnet.

Beobachtet man nämlich eine längere Zeit hindurch in gleichen Intervallen (etwa stündlich) den Barometerstand, so erkennt man bald eine gewisse Periodizität jener Bewegungen, und zwar lässt sich eine tägliche und eine jährliche Periode unterscheiden.

a) Tägliche Schwankungen. Die Säule erreicht täglich zweimal einen höchsten, und ebenso oft einen tiefsten Stand. (Maximum und Minimum.)

Ein Maximum tritt ein gegen 10 Uhr vormittags und 11 Uhr nachts,

ein Minimum etwa um 4 Uhr morgens und gegen 4 Uhr nachmittags.

Diese täglichen Schwankungen sind in hohen Breiten kaum wahrzunehmen und betragen bei uns etwa $\frac{1}{2}$ mm, nehmen aber sowohl an Stärke (bis zu 2 mm), als an Regelmässigkeit gegen den Aequator hin zu, und sind hier in dem Grade regelmässig, dass Alex. v. Humboldt erwähnt, man könne in den Tropen nach den Schwankungen der Säule die Tageszeit bis auf 17 Min. bestimmen und Gorceix erzählt, dass in gewissen Gegenden des inneren Brasilien die täglichen Barometerschwankungen ihre Periode mit einer Regelmässigkeit einhalten, die es ermögliche, das Barometer gewissermassen als Uhr zu benützen und aus seinem Stande sofort auf die Tageszeit zu schliessen.³¹⁾

b) Die jährlichen Schwankungen sind gekennzeichnet durch ein Maximum im Januar und durch ein Minimum im Juli.

Im Gegensatz zu den täglichen Schwankungen sind diese am schwächsten in den Tropen (2—4 mm) und nehmen im Allgemeinen mit der geographischen Breite zu.

³¹⁾ Dr. S. Günther, Einfluss der Himmelskörper auf Witterungs-Verhältnisse S. 54 Anm. 51.

Ursachen der periodischen Barometerschwankungen. Von dem Augenblicke an, wo man der regelmässigen Schwankungen gewahr wurde, unterliess man nicht, dem Grunde dieser Erscheinung nachzugehen; es wurden jedoch im Laufe der Zeit mancherlei und zum Teil ganz absurde Hypothesen aufgestellt. So meinte Martin Lister (1638—1712), die Ursache der Schwankungen sei lediglich in der Natur des Quecksilbers zu suchen. Der engl. Geologe, Arzt und Prof. Woodward (gest. 1728 zu Cambridge) nahm ganz willkürlich im Erdinnern ungeheure Wasservorräte an, aus denen in regelmässigen Zwischenräumen durch Oeffnungen (die er nicht anzugeben wusste) Dämpfe austreten, welche abwechselnd eine Vermehrung und Verminderung (?) des Luftdruckes und hiedurch die Barometerschwankungen verursachten; de la Hire (1705)³²⁾ setzt ganz ungereimt und ohne einen Grund anzuführen, voraus, dass die Atmosphäre ein nach den Polen hin verlängertes Sphäroid bilde und dass demgemäss der Luftdruck von Norden her grösser sei als von Süden und dass infolge dessen die Südwinde den Luftdruck vermindern, während die Nordwinde ihn vermehren.

Näher kamen der Wahrheit Mariotte und Halley, welche den hauptsächlichsten Anteil an den Schwankungen den Winden zuschreiben, sowie Mairan, welcher nur darin irrt, dass er den Grund jener Oscillationen in der Windstärke sucht.

Ueber die wahre Ursache jener so lange rätselhaft gebliebenen Erscheinung konnte man eben erst ins reine kommen, nachdem der Einfluss der Wärme auf das Gewicht der Gase, also auch der atmosphärischen Luft und hiemit auch der Zusammenhang zwischen Barometerstand und Temperatur erkannt war.

Heute sind wir im Stande, folgende Sätze aufzustellen:

- 1) Erwärmte Luft ist leichter als abgekühlte.
- 2) Feuchte Luft ist leichter als trockene. Daraus folgt
- 3) Warme, feuchte Luft bewirkt ein Fallen, kalte trockene aber ein Steigen des Barometers.³³⁾

³²⁾ Der bemerkte hatte, dass ein Steigen und Fallen der Säule gewöhnlich mit Nord-, resp. Südwind eintrete.

³³⁾ Man kann obiges Gesetz auch so aussprechen: „Thermometrische Höhe ist barometrische Tiefe und thermometrische Tiefe ist barometrische Höhe“

4) Der Luftdruck aufs Quecksilber ist geringer, wenn die Luft bewegt, als wenn sie in Ruhe ist, und zwar um so geringer, je rascher die Bewegung vor sich geht.³⁴⁾ —

Fassen wir die 3 ersten Gesetze in Eines zusammen, so erhalten wir das Grundgesetz der modernen Witterungslehre, welches lautet:

„Die Minima verdanken ihre Entstehung dem Aufsteigen und dem damit verbundenen, in den höheren Regionen eintretenden Abfliessen erwärmter Luft, die Maxima dagegen dem Niedersinken der aufgestiegenen, in der Höhe wieder erkalteten Luftmassen.“

Da aber die Ursache aller Erwärmung, also auch die der Luft schliesslich in der Sonne und zwar sowohl in ihrer täglichen als jährlichen Stellung, näher in der verschiedenen Wirkung ihrer Strahlen auf die Erdoberfläche liegt, so können wir diesen Centralkörper unseres Planetensystems als die eigentliche treibende Kraft für alle Bewegungen und Vorgänge in der Atmosphäre, somit auch für die täglichen und jährlichen Schwankungen des Luftdrucks betrachten.

§ 28.

Fortsetzung. Der ganze Vorgang, wie er sich während eines Tages abspielt, ist in den Tropen am sichersten zu beobachten (§ 26) und deshalb auch dort am leichtesten zu erklären. Gretschel³⁵⁾ stellt denselben kurz und bündig dar wie folgt:

„Wenn nach Sonnenaufgang der Boden und durch ihn die unteren Luftschichten erwärmt werden, beginnen die letzteren emporzusteigen, anfangs langsamer, später schneller. Gleichzeitig beginnt aber auch die Verdunstung, die anfangs rascher von staten geht als das Aufsteigen der Luft. Es tritt deswegen einstweilen noch eine Luftdruckvergrösserung ein und infolge dessen wird das Barometer bis zu einer gewissen Grenze steigen, welche als Vormittagsmaximum gegen 10 Uhr erreicht wird.

Die immer stärker werdende Erwärmung beschleunigt aber das Aufsteigen der Luftmassen, wozu der immer reichlicher auftretende Wasserdampf, welcher leichter ist, als die Luft, wesentlich

³⁴⁾ Analog dem Bodendruck fließenden und ruhigen Wassers.

³⁵⁾ Katechismus der Meteorologie.

beiträgt. In der Höhe fliesst die emporgestiegene Luft nach den benachbarten Gegenden hin ab, so dass sie nicht länger mehr auf das Barometer wirkt. Da die verdünnte, reichlich Wasserdampf enthaltende Luft leichter ist als die frühere, so muss das Barometer anfangen zu sinken.

In den späteren Nachmittagsstunden (wo die Sonne schon tiefer steht) ist die Erwärmung geringer, der aufsteigende Luftstrom wird langsamer — das Sinken des Barometers lässt daher nach und hört schliesslich auf. So erklärt sich das Minimum am Nachmittage.

In den Abendstunden fängt die Wärmeausstrahlung der Erde gegen den Himmelsraum an, die „Insolation“³⁷⁾ zu überwiegen, die Erde beginnt zu erkalten, die ebenfalls erkaltende Luft sinkt aus der Höhe zurück, die unteren Schichten werden wieder mit schwerer Luft und Wasserdampf erfüllt, während oben wieder Luft in den entstandenen luftverdünnten Raum zuströmt, und hierdurch den Druck nach unten erhöht: Das Barometer steigt bis zum abendlichen Maximum.

Das Fallen in den späteren Nachtstunden erklärt sich durch die starke Condensation des Wasserdampfes zu Tau, in welcher Form er nicht mehr aufs Barometer wirkt.

Für die nördlich und südlich vom Aequator gelegenen Gegenden gilt im grossen dasselbe, nur sind in diesen die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht nicht so bedeutend wie am Aequator, daher auch die Bewegungserscheinungen der Luft und somit auch die tägl. Schwankungen der Säule nicht so augenfällig.

§ 29.

Fortsetzung. Auch die jährlichen Schwankungen lassen sich zunächst für die Tropen zwanglos als Wirkungen der Temperaturunterschiede und der davon abhängenden Luftbewegung, im letzten Grunde aber als Wirkung der Sonne erklären.

Dass dieselben am Aequator am schwächsten sind, harmoniert völlig damit, dass hier auch die Temperatur-Differenzen zwischen Winter und Sommer am schwächsten sind. Letzteres

³⁷⁾ d. i. die Wärmeeinstrahlung von Seite der Sonne.

aber ist eine Folge der Stellung der Sonne zum Aequator, von dem sie nie mehr als $23\frac{1}{2}^{\circ}$ nach N. oder S. sich entfernt.

Dass diese jährlichen Schwankungen mit der geogr. Breite wachsen, steht damit im Einklang, dass in höheren Breiten, entsprechend der Stellung der Sonne, auch die Temperaturverhältnisse zur Winters- und Sommerszeit grössere Unterschiede aufweisen. Und obschon in dieser Richtung ein ganz allgemein für die Erdoberfläche giltiges Gesetz der jährl. Barometer-Oscillationen sich bis jetzt nicht aufstellen lässt, so kann doch so viel nachgewiesen werden, dass wenigstens in den grossen Kontinenten, fern vom Aequator, mit grösster Regelmässigkeit und Deutlichkeit im Winter das Jahresmaximum, im Hochsommer dagegen das Jahresminimum des Luftdrucks auftritt. So z. B. in Sibirien. Hier entspricht dem Temperaturminimum resp. -Maximum im Januar und Juli genau das Barometermaximum, resp. Minimum zu denselben Zeiten. Der Grund ist auch hier klar. Im Januar steht die Sonne tief im Süden, jenseits des Aequators — im Juli umgekehrt.³⁷⁾

Abweichend von diesen Luftdruckschwankungen über den Kontinenten, und weit gleichmässiger sind die jährl. Luftdruckverhältnisse über den Küstenländern der höheren Breiten. Aber auch hiefür liegt die Erklärung in der Temperatur.

Das Wasser wird nämlich viel langsamer erwärmt, als der feste Boden; deshalb haben die Küstenländer auch zur Zeit des höchsten Sonnenstandes, also im Juni und Juli, niemals die Hitze der Binnenländer; das im Winter erkaltete Wasser der nahen See, die darüber ruhenden abgekühlten Luftmassen, und die daraus hervorgehenden kühlen Seewinde (§ 40 f.) mässigen das Klima bedeutend. Andererseits kühlt sich das während des Sommers erwärmte Wasser auch viel langsamer ab als das feste Land, und so ergibt sich während des Winters eine für das Klima der Küsten sehr wohlthätige Wärmeabgabe von Seite des Wassers an die Luftschichten, hieraus aber eine Milderung der strengen Winterkälte.

³⁷⁾ Dass Temperaturmaximum und -Minimum nicht genau mit dem höchsten und niedersten Sonnenstand zusammenfallen, sondern etwas später eintreten, hat einen ähnlichen Grund, wie der Umstand, dass auch Temp.-Max. und -Minimum während eines Tages nicht genau mit dem höchsten und niedersten Sonnenstand (Mittag und Mitternacht), sondern ebenfalls etwas später eintreten.

Diesen Verhältnissen verdankt es nächst dem warmen Golfstrom z. B. Irland, die „grüne Insel“, dass es trotz der nördlichen Lage nahezu dieselbe jährliche Durchschnittstemperatur hat, wie der mittlere Teil von Rumänien.

So erklärt sich also auch die Verschiedenheit der jährlichen Luftdruckschwankungen, wie sie trotz gleicher geogr. Breite besteht, doch wieder allein aus der Verschiedenheit der jährlichen Temperaturschwankungen; die Ausnahme ist daher nur scheinbar und hilft sogar das Grundgesetz befestigen.

Dennoch bestehen in der That Abweichungen vom Grundgesetz, die bisher ihre genügende Erklärung noch nicht gefunden haben. Hieher gehört z. B. die Thatsache, dass zur selben Zeit, wo in Sibirien das Minimum herrscht (Juli), in Westeuropa das Maximum stattfindet.

§ 30.

Fortsetzung. Ausser diesen periodischen Schwankungen machen sich aber auch unregelmässige bemerkbar, welche am Aequator, gleich den jährlichen, nur gering sind, in den höheren Breiten aber, ebenfalls wie die jährlichen, so energisch auftreten, dass hier die regelmässigen durch sie beinahe gänzlich verdeckt werden.

Das Studium dieser unregelmässigen, wenn auch sicher nicht gesetzlosen Schwankungen ist äusserst schwierig und mühsam. Seit einer Reihe von Jahrzehnten beschäftigt sich denn auch damit ein grosser Teil der Naturforscher, ja es hat sich am Baume der Wissenschaft und zwar am Aste der Physik ein neuer Zweig entwickelt: die Meteorologie. Diese jüngste der Wissenschaften beschäftigt sich vorzüglich mit der Erforschung des Zusammenhanges, welcher zwischen Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit der Luft, Windrichtung und Windstärke besteht; allein sie ist noch im Werden begriffen, und was trotz der grösstmöglichen Sorgfalt und unverdrossener Arbeit bis jetzt geschehen konnte, geht nicht weit über den Rahmen von Vorarbeiten hinaus.

Möglichst regelmässig und an möglichst vielen Punkten vorgenommene Barometerbeobachtungen sind neben anderen eine Hauptsache, um für diesen Zweck Brauchbares zu erzielen. Dieselben werden aber nicht bloß registriert, in Tabellen zusammengestellt und in der Form toter Zahlen mit einander verglichen, sondern man

benützt mit grösstem Vorteil die graphischen Darstellungen der gewonnenen Zahlen in den sogenannten Barometerkurven. In Fig. 10 zeigen die Kurven dd, jj und ff den Verlauf des Barometerstandes in Dillingen während der Monate Dezember 1885, Jan. und Febr. 1886.

Es wurde zum Zwecke der Anlage dieser Kurven der Barometerstand täglich 4 mal, nämlich — wie auch auf den meteorolog. Stationen üblich — Abends 8 Uhr beginnend, dann Morgens 8 Uhr, Mitt. 12 Uhr und Nachm. 4 Uhr beobachtet, hieraus das arithm. Mittel berechnet und dies in ein Netz eingetragen, welches nach vertikaler Richtung die Barometerstände in mm, nach horizont. Richtung die fortlaufende Nummer der Monatstage enthält. — Die Anschaulichkeit, sowie die Leichtigkeit eines Vergleichs springt hierbei in die Augen.

Die Kurven verlaufen, wie auf den ersten Blick ersichtlich, mitvollster Unregelmässigkeit; von Gesetzmässigkeit keine Spur. Und doch ist sie vorhanden. Die Regelmässigkeit des Eintritts von Maximum und Minimum des Barometerstandes ist eben erst zu erkennen, wenn man

§ 31.

das barometrische Mittel aus den stündlichen Beobachtungen vieler Tage berechnet.

Das arithmetische Mittel aller während eines längeren Zeitraumes, etwa eines Jahres, und zu einer gewissen Stunde (etwa 10 Uhr) beobachteten Barometerstände liefert das barometrische Stundenmittel (in diesem Falle für 10 Uhr) des Beobachtungsortes. Durch Vergleichung dieses Resultats mit jenem für die vorausgehenden und nachfolgenden Stunden gelangt man zur Erkenntnis, dass um die (in § 26 genannten) Tageszeiten auch in unseren Gegenden regelmässig Maxima, bzw. Minima stattfinden.

Aus den während eines Tages in gleichen, nicht zu grossen Intervallen gemachten Beobachtungen ergibt sich das Tagesmittel; analog aus diesen das Monats- und ebenso das Jahresmittel.

Berechnet man ferner das Jahresmittel während einer ganzen Reihe von Jahren, so zeigen sich sehr nahe übereinstimmende Resultate, wonach der Schluss gerechtfertigt erscheint, dass für denselben Ort der Luftdruck im grossen und ganzen derselbe bleibe.

Das arithmetische Mittel aus vielen Jahresmitteln gibt endlich den „mittleren Luftdruck“ oder den „mittleren Barometerstand“ des Ortes.

Da (§ 13.) die einzelnen Barometerstände stets auf 0° C zu reducieren sind, so enthält man aus den Jahresmitteln auch das Ortsmittel schon in reducirter Grösse. Bei der Bestimmung der Seehöhe eines Ortes oder einer Station wird in die Gl. III § 23, da gleichzeitige Beobachtungen unthunlich oder doch schwierig sind, stets das auf 0° reducierte Ortsmittel und ebenso der auf 0° reducierte mittlere Barom.-Stand am Meeresspiegel (760 mm) substituiert. Ebenso werden im Allgemeinen für t_1 und t_2 die resp. Temperaturmittel beider Stationen gesetzt.

Seit 1870 beziehen sich die Höhenbestimmungen in Deutschland auf den Nordseespiegel. Was nun die mittlere Temperatur an letzterem betrifft, so ist es um die Angabe derselben eine missliche Sache, denn die Nordsee ist doch ziemlich gross und es werden an verschiedenen Punkten derselben die Temperaturmittel verschieden sein. Da scheint es denn am besten, sich auf einen bestimmten Punkt zu beschränken, etwa auf die deutsche Seewarte Hamburg selbst. Unsere bayerischen Stationen liegen nun sämtlich zwar höher, dafür aber auch südlicher als jene, und es wird also zulässig sein, die mittleren Temperaturen dort und hier als gleich zu betrachten, und in den Gleichungen des § 23 $t_1 = t_2$ zu setzen, so dass in der Höhenformel für diesen Zweck $\frac{2(t_1 + t_2)}{1000} = 0,004 t$ ist, wo t einfach die mittlere Jahrestemperatur des Beobachtungsortes bezeichnet. So ergibt sich z. B. für Dillingen $h = 435$ m ca, was mit dem Resultat der geodätischen Messung in befriedigender Weise übereinstimmt.

§ 32.

Abhängigkeit des mittleren Luftdrucks. Aus vergleichenden Beobachtungen, ja aus der Natur der atmosphärischen Luft (§ 22) selbst ergibt sich, dass das Barometermittel eines Ortes hauptsächlich abhängt

1) von dessen Seehöhe; so gibt die Zusammenstellung der bayer. meteorolog. Stationen im 1. Jahrgg. der „Beobachtungen etc.“ der kgl. bayer. met. Centralstation in München folgende Uebersicht:

Ort:	Seehöhe in m. ³⁸⁾	Barom. Mittel in mm.
Speyer	104,5	752,91
Aschaffenburg	137,1	749,62
Würzburg	179,2	746,20
Kissingen	210,0	743,68
Bamberg	240,1	740,43
Kaiserslautern	242,0	740,36
Passau	312,4	734,29
Nürnberg	315,6	734,08
Bayreuth	345,0	730,98
Regensburg	359,1	730,45
Landshut	396,2	726,96
Ansbach	413,6	725,57
Weissenburg a/S.	427,4	723,63
(Dillingen	435,0	721,30)
Augsburg	499,3	718,35
München	528,5	716,00
Hohenpeissenberg	995,0	676,52

Dazu könnte noch als weiteres interessantes Beisp. treten
Triest — 759,00

2) von der geogr. Breite. Er gilt als feststehend, dass der mittlere Luftdruck bis zu 30° nördl. und südl. Breite zu-, von dort bis 65° wieder abnimmt, um alsdann gegen die Pole hin neuerdings zu wachsen.

Wüllner gibt nach Schouws Angaben folgende Tabelle:

N. Br.	Bar. Mittel in mm.
0°	762,2
10°	763,7
20°	765,5
30°	766,6
40°	764,4
50°	762,2
60°	758,9
65°	753,4
70°	755,6
75°	758,9

³⁸⁾ Die hier aufgeführten Angaben beziehen sich sämtlich auf die Höhe, in welcher das Instrument angebracht ist.

Auf die Bestimmung des Einflusses, welchen der Unterschied der geogr. Länge auf das barom. Mittel äussere, ja sogar auf die Lösung der Vorfrage, ob überhaupt ein solcher Einfluss stattfindet, muss die Wissenschaft bei der Mangelhaftigkeit des bis heute gesammelten Materials verzichten.

§ 33.

Isobaren und Isobarenkarten. Die Vergleichung der barometrischen Tages-, Monats- und Jahres-Mittel einer grösseren Anzahl von Orten z. B. in Europa oder auch auf der ganzen Erdoberfläche lehrt alsbald, dass gleiche Tages-, Monats- u. Jahres-Mittel auf vielen Punkten herrschen. Verbindet man nun auf einer gewöhnlichen Landkarte alle (bekannt gewordenen) Orte gleichen momentanen oder gleichen mittleren Drucks durch Linien, so erhält man meist sehr unregelmässig verlaufende Kurven, welche Isobaren (*ἴσος* = gleich, *βάρος* = Druck), „Linien gleichen Drucks“, genannt werden. Darnach unterscheidet man Tages-, Monats- oder Jahres-Isobaren. — So liegt z. B. Dillingen auf einer Jahres-Isobare, welche bei Philadelphia die Ostküste Nord-Amerikas verlässt, bei Bordeaux auf Westeuropa trifft, von da ziemlich nordwärts steigend Deutschland fast in der Mitte³⁹⁾ durchschneidet, nördlich vom Altaigebirge in Asien in der Nähe von Krasnojarsk in Sibirien ihren nördlichsten Punkt erreicht und von da allmählig wieder südwärts dem grossen Ozean sich zuwendet. Ueber ihren Verlauf durch den Amerikanischen Kontinent ist näheres nicht bekannt.

Landkarten, welche solche Isobaren⁴⁰⁾ enthalten, heissen Isobaren-Karten. Sie bieten den Vorteil grosser Anschaulichkeit u. leichter Uebersicht über periodische oder momentane Verteilung des Luftdrucks innerhalb eines grösseren Gebietes und bilden deshalb ein unentbehrliches Hilfsmittel der neueren Meteorologie (§ 48 u. 49).

Der Schottische Meteorologe Alex. Buchanan war der erste, welcher den mittleren Barometerstand eines jeden Monats für eine grosse Anzahl von Orten auf der Erdoberfläche fixiert und eingetragen hat. In unserer Zeit werden auf den meteorologischen Stationen Isobarenkarten für gewisse Tageszeiten täglich angefertigt (§ 49.)

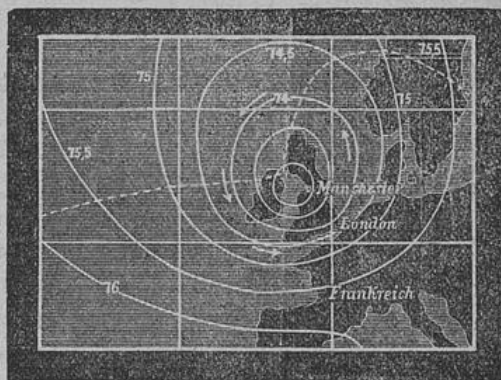
³⁹⁾ Pollak, Programm 1844/45. Diese Worte sind zu einer Zeit geschrieben, als auch Oesterreich noch teilweise zu Deutschland gehörte.

⁴⁰⁾ Aehnlich sind die Ausdrücke „Isothermen, Isotheren, Isochimenen, Isogonen, Isoklinen“ etc. zu verstehen.

§ 34.

Maxima (Elevationen) u. Minima (Depressionen).

Die Ausdrücke „Maximum und Minimum“ bedeuten nach § 26 den relativ höchsten und niedersten Barometerstand in Bezug auf die Zeit (z. B. während eines Tages, Jahres). Dieselbe Bezeichnung dehnt man nun auch aus auf den relativ höchsten u. niedrigsten Barometerstand in Hinsicht auf den Ort. Betrachtet man nämlich eine Isobaren-Karte (Fig. 11 u. 20), so sieht man zunächst, dass über einzelnen



(Fig. 11.)

Gegenden ein relativ höchster und gleichzeitig über anderen ein relativ niedrigster Luftdruck herrscht. Ersteren bezeichnet man ebenfalls als Maximum, letzteren als Minimum (Depression).

Ferner zeigt sich, dass die Isobaren nahe um ein Maximum oder ein Minimum fast immer geschlossene Kurven sind, die sich nach dem Centrum hin mehr und mehr verengen. Ueber dem Mittelpunkt der innersten geschlossenen Kurve herrscht der höchste, resp. niederste Luftdruck. Ueber der Gegend, wo die Isobarenkarte ein Maximum verzeichnet, hat man sich einen Luftberg, eine Art massiven Luftkegels zu denken, dessen Spitze senkrecht über dem Centrum liegt; ebenso stellt sich über einem Minimum ein mit der Spitze nach unten gekehrtes, aber nicht massives, sondern hohles kegelähnliches Gebilde, ein Luftthal (Trichter) dar. Von der mehr oder weniger regelmäßigen und steilen Form eines der letzterwähnten Gebilde gibt ein nach einer vorliegenden Isobarenkarte und den dort angegebenen Barometerständen gezeichneter, senkrechter Durchschnitt ein anschauliches Bild. So stellt Fig. 12 von dem in Fig. 11 dargestellten, zwischen Dublin und Liverpool über der irischen See liegenden Minimum vom 18. Nov. 1864 einen senkrechten Schnitt in der Richtung von W nach O, Fig. 13 einen solchen in der Richtung von S nach N. dar.⁴¹⁾

⁴¹⁾ Aus Rücksicht auf die Beschränktheit des Raumes sind hiebei die

§ 35.

Barometer und Witterung. Eine dritte Anwendung des Barometers findet zwar nicht in den Kreisen der Sachverständigen, wohl aber im grossen Publikum statt. Sie beruht auf der Ansicht, dass der Luftdruckmesser Bestimmung und Fähigkeit habe, als zuverlässiger Prophet künftiger Witterung zu dienen; hoher Barometerstand soll „schönes“, d. i. trockenes, ruhiges und klares, — nied. Stand aber „schlechtes“, d. i. nasses, stürmisches und trübes Wetter anzeigen. In diesem Sinne wird das Instrument von Händlern angeboten und von der Menge gekauft. Damit auch nichts zur „Vollständigkeit“ fehle, wird dem Apparat eine detaillierte Witterungsskala beigegeben, auf welcher bisweilen sogar das „Erdbeben“ figurirt.

Wie diese Meinung im Publikum sich gebildet hat oder von wem sie unter dasselbe gebracht wurde, ist schwer zu sagen. Nur so viel ist gewiss, dass diese Anwendung des Barometers — ohne Beiziehung anderer Instrumente — auf völliger Verkennung seiner eigentlichen Bestimmung beruht, also verfehlt ist und notwendig zu Irrungen führt. Dies folgt

a) aus dem Begriff „Witterung“, insofern hierunter nichts anderes zu verstehen ist, als die jeweilige Constitution der Atmosphäre. Auf diese hat der Luftdruck zwar einen nicht geringen, aber keineswegs ausschliesslichen Einfluss. Vielmehr spielen hiebei Temperatur, Feuchtigkeit der Luft, Windrichtung und Windstärke in ihrem Zusammenwirken eine ebenso bedeutende Rolle;

b) aus der Natur des Instrumentes; dasselbe ist ja einzig der Wirkung des Luftdrucks unterworfen; selbst der Einfluss der Temperatur ist mit den Sinnen kaum wahrnehmbar, sondern ergibt sich blos aus der erfahrungsmässig auf alle Körper sich erstreckenden Wirkung der Wärme;

c) aus der Erfahrung; schon die Beobachtungen von Laien, noch weit mehr aber die der Fachmänner, wie die Tabellen der Beobachtungsstationen (§ 46) lehren, wie häufig und stark die erwähnte Meinung mit den Thatsachen kontrastirt. — Kein

Differenzen der Barometerstände kleiner angegeben, als sie nach der Karte sein müssten, wo sie nach halben Centimetern fortschreiten.

Wunder, dass der mehrerwähnte Forscher Pascal zu der gerade entgegengesetzten Ansicht gelangte, tiefer Barometerstand bedinge „schönes“, hoher Stand dagegen „schlechtes“ Wetter. Hätte er an den Laplata-Mündungen von Süd-Amerika gelebt und beobachtet, so wäre er in dieser seiner Ansicht noch sehr bestärkt worden. Denn dort bewirkt N und NW Wind, vom Aequator kommend, vermöge der mitgeführten heissen, also leichteren Luft ein Fallen des Barometers (§ 28), aber zugleich heiteres und „schönes“ Wetter, da die vorher über weite Länderstrecken streichende Luft die etwa früher vorhanden gewesene Feuchtigkeit (besonders an den hohen Cordilleren) längst abgegeben hat, somit trocken geworden ist und die über jenen Mündungen vorhandene Feuchtigkeit aufsaugt, d. h. klares Wetter bringt.

Umgekehrt strömt dort von S. und SO — vom S-Pol her — kalte, schwere Luft zu und bewirkt ein Steigen des Barometers. Aber die gewaltige Menge von Wasserdampf, welche damit zugleich vom grossen Ozean her dem Lande zugeführt wird, stürzt trotz hohem Barometerstand in Form ausgiebiger Regengüsse auf dasselbe nieder.

Aber es ist gar nicht nötig, in so weit entlegene Gegenden sich zu begeben, um sich von der Unzuverlässigkeit des Barometers als Wetterprophet zu überzeugen, und wie Pascal, so bietet auch uns sich häufig genug Gelegenheit, bei günstigem Barometerstande, d. h. wenn die Säule über „veränderlich“ steht⁴²⁾, schlechtes, nasses, — bei ungünstigem dagegen helles, „schönes“ Wetter zu beobachten.

Ein Blick auf die 3 Barometerkurven der Monate Dezember 1885, Januar und Februar 1886 (Fig. 10), sowie auf die gleichzeitigen Witterungsnotizen, belehrt uns nicht blos, dass

im Dezember 13 mal

im Januar 12 mal

im Februar 17 mal

also während eines Vierteljahrs 42 mal die Witterung mit den Angaben der Wetterskala in teilweise schneidendem Gegensatze stand, sondern auch, dass im Dezember gerade zu der Zeit, wo die Säule

⁴²⁾ Soll die Wetterskala annäherungsweise einen Sinn haben, so ist sie so anzubringen, dass die Marke „veränderlich“ in der Höhe des mittleren Ortsbarometerstandes, für Dillingen also auf 721,3 mm zu stehen kommt.

den relativ höchsten Stand (738 mm) — „sehr trocken“ — erreichte, das denkbar „schlechteste“ Wetter herrschte.

Sehen wir uns ferner die Mitteilungen der kgl. bayr. meteorologischen Zentralstation in München etwa aus den Jahren 1879 mit 1882 an, so ergibt sich, dass ein Einwohner der bayr. Metropole, der auf die Angaben seiner Wetterskala sich verliess,

im Jahre 1879 102 mal

1880 112 mal

1881 129 mal

1882 121 mal

von seinem „Propheten“ im Stich gelassen wurde. Noch mehr: ein Vergleich der Barometerstände mit den gleichzeitig notierten Niederschlagsmengen ergibt das für diesen „Propheten“ und seine Gläubigen tragikomische Resultat, dass in dem erwähnten Zeitraum von 48 Monaten etwa 30 mal mit einem Monats-Barometermaximum sehr starker Niederschlag, ja nicht selten sogar ein Niederschlagsmaximum zusammenfiel.

§ 36.

Fortsetzung. Wenn nun obige Zahlen zwar darthun, dass die Angaben der Wetterskala nichts weniger als zuverlässig sind, so liegt in ihnen doch zugleich auch das Zugeständnis, dass es immerhin Fälle gibt, in welchen das Barometer Vertrauen verdient. Jeder Irrtum enthält bekanntlich ein Körnchen Wahrheit, und der Glauben an die Prophetengabe des Barometers macht hievon keine Ausnahme. So kann Folgendes zugegeben werden:

I. Zwar nicht der Stand der Säule, noch weniger die Angaben der Wetterskala, wohl aber das Steigen und Sinken der Säule sind von Bedeutung.

II. Insbesondere kann man in Mitteleuropa mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit aus anhaltendem Steigen oder Sinken einen Schluss auf „Besserung“ oder „Verschlimmerung“ des Wetters ziehen. Hier bringt nämlich der NO-Wind, sofern er nicht durch bloß lokale Verhältnisse bedingt ist, sondern dem Polarstrom (§ 40 III.) angehört, kalte, d. i. schwere und zugleich trockene, — der SW-Wind dagegen warme, d. i. leichte und zugleich wasserdampfreiche Luft, und es erfolgt im ersten Falle ein Steigen des Barometers mit gleichzeitigem „Aufklaren“. Denn der NO-Wind, der

auf seinem Wege zu uns über grosse Länderstrecken hinstreicht und dabei die anfangs enthaltene Flüssigkeit bereits abgegeben hat, gewinnt bei seiner in südlicheren Landstrichen eintretenden Erwärmung an Fähigkeit, den in unserer Atmosphäre vorhandenen Wasserdampf zu absorbieren. Im zweiten Falle dagegen muss ein Sinken der Säule und gleichzeitige Wolkenbildung mit nachfolgenden Niederschlägen eintreten; denn wenn die Luft abgekühlt wird, verliert die Luft an Fähigkeit, Wasserdampf in sich aufzunehmen und zu behalten. Der SW-Wind gelangt aber zu uns aus den warmen und wasserdampfreichen Gegenden des atlantischen Ozeans in unsere kälteren Himmelsstriche. Die notwendige Folge hiervon ist also Ausscheidung des Wasserdampfes, Kondensation desselben und „schlechtes“ Wetter.

III. Starkes und plötzliches Sinken der Säule zeigt mit Sicherheit einen bevorstehenden Sturm, im Sommer Gewitter an. Man sehe (Fig. 10) die Barometerkurven vom 3.—6., sowie vom 27.—29. Dez. 1885, dann vom 12. und 13., und vom 30. auf 31. Januar 1886. Die Kurven fallen an diesen Stellen äusserst rasch ab, und die gleichzeitigen Witterungsnotizen melden heftige Bewegungen der Atmosphäre.

Zum Schluss dieses § mögen zur Beherzigung für manchen Leser dieser Zeilen die treffenden Worte Pollaks⁴³⁾ hinsichtlich der Zuverlässigkeit des Barometers als Witterungs-Orakels eine Stelle finden:

„Wer das Barometer nur als einen Wetterpropheten betrachtet, der hat sich stets zu erinnern, dass den regelmässigen Tagesschwankungen (§ 26 ff.) zufolge die Quecksilbersäule jeden Vormittag und jeden Spätabend steigen, und am Nachmittag sowie am Frübmorgen fallen muss. Erst wenn das Steigen oder Fallen zu einer Zeit eintritt, wo die Säule fallen oder steigen sollte, dann kann er seinem Propheten jenen Glauben schenken, der ihm als solchem gebührt. Sollte er sich aber doch in seinen Erwartungen getäuscht finden, dann möge er keinen scheelen Blick auf sein schuldloses Instrument werfen; denn dieses hat seine Pflicht pünktlich erfüllt, d. h. es hat eine Veränderung im Luftdruck angezeigt, ohne sich darum zu bekümmern, ob mit dieser auch eine Witterungsveränderung verbunden ist oder nicht. Wer

⁴³⁾ Programm der Studienanstalten in Dillingen 1844/45.

mehr von ihm fordert, der verlangt zu viel. Oft, ja sehr oft tritt Regenwetter ein, wenn das Barometer fällt, aber durchaus nicht allezeit.“

Mit dem bisher Gesagten dürfte das Wissenswerfeste über das Barometer und seine Anwendung vorgeführt sein. Angesichts des lebhaften Interesses jedoch, welches — besonders in grösseren Städten — in unsern Tagen den wissenschaftlichen Untersuchungen und Beobachtungen der Witterungsbedingungen, sowie den öffentlichen Mitteilungen der Resultate entgegengebracht wird, möchte es nicht unpassend sein, nach einem einleitenden Blicke auf die diesbezüglichen Anschauungen des Altertums und Mittelalters noch das Wichtigste der modernen Witterungslehre — unter steter Hervorhebung der Bedeutung des Barometers — mitzuteilen. —

§ 37.

Witterungsbeobachtung im Altertum und Mittelalter. Nichts tritt mit solcher Unmittelbarkeit an den Menschen heran, wie die Zustände der Atmosphäre. Es ist daher nahelegend, dass schon die Menschen der frühesten Periode, die ja in einem weit höhern Grade als wir ihr Leben im Freien verbrachten, schon im Interesse des Ackerbaues auf Wind und Wetter aufmerksam waren; aber ebenso nahe liegt es, dass ihre Witterungskunde stets im Zustand der Kindheit verbleiben musste. Denn ganz abgesehen von den frühesten Perioden kannte man selbst in der griechischen und römischen Zeit nur einen geringfügigen Teil der Erdoberfläche und dadurch war eine Allgemeinheit der Beobachtung von selbst ausgeschlossen; insbesondere kannte man nicht die tropischen und Aequatoreal-Gegenden, in denen die atmosphärischen Erscheinungen bei weitem regelmässiger auftreten, als in höheren Breiten; ferner fehlten die notwendigen positiven mathematisch-physikalischen Kenntnisse, ohne welche eine Erklärung der atmosphärischen Vorgänge unmöglich ist; über dieses alles entbehrte man aber des Barometers und der übrigen meteorologischen Instrumente, ohne deren Erfindung und Gebrauch man von einer wissenschaftlichen Wetterkunde gar nicht reden kann. Ihre An-

sichten von Wind und Wetter mussten daher notwendig an denselben Ungereimtheiten und Vorurteilen leiden, denen wir heute noch bei den Wetterprophezeiungen unserer niederen Volksschichten begegnen.

Aufzeichnungen solcher „Regeln“ finden sich nun zunächst bei Homer und Hesiod (9. Jahrhundert v. Chr.), ferner bei Hippokrates (460 v. Chr.), Theophrastus (390 v. Chr.) und Aristoteles (354 v. Chr.). Auch im alten u. neuen Testament (Buch d. Weish. 7,20 und Matth. 16,2—4) finden wir Spuren von Witterungsbeobachtung. Ferner bei Horaz, Seneka (gest. 65 n. Chr.) und Plinius d. A., der bei dem grossen Ausbruch des Vesuv (79 n. Chr.) seinen Tod fand.

Insbesondere aber ist es Vergil⁴⁴⁾ (gest. 19 n. Chr.), welcher eine ganze Reihe von Kennzeichen der kommenden Witterung angibt, die er übrigens zum Teil aus Aratus (270 v. Chr.) herübergenommen zu haben scheint. Sturmzeichen sind nach ihm: Schäumen der Meereswogen, Rauschen der Wälder, Kreischen der Seevögel, besonders aber Sternschnuppen (auch nach Plinius), u. zwar kommt der Sturm aus jener Gegend, nach welcher sie sich bewegen. (Hierin steht er aber im Widerstreit mit Aratus und Seneka, die den Sturm aus entgegengesetzter Richtung kommen lassen.) — Ebenso bedeutet plötzliche Verdunkelung der Sterne, welche ohne Wolken- oder Nebelschleier, ohne Ueberstrahlung durch den Mond oder eine andere erkennbare Ursache eintritt, baldigen Sturm. — Regen steht bevor, wenn es von allen Seiten blitzt und donnert. (Diese Wetterregel ist jedenfalls eine der zuverlässigsten.) Insbesondere ist es aber das Aussehen der grossen Himmelskörper, Mond und Sonne bei ihrem Auf- und Untergang, welches für fast alle Fälle Auskunft gibt.

Im Mittelalter haben sich besonders Isidorus Hispalensis (gest. 636), Virgilius v. Salzburg (gest. 784)⁴⁵⁾ und Hrabanus Maurus (gest. 856) mit mehr oder weniger Glück als Wetterpropheten versucht. — In späteren Jahrhunderten spukt bereits der astrologische Wahn auch in den Witterungsbeobachtungen. Das stärkste leistet hierin Philippus Aureolus Paracelsus Theophrastus

⁴⁴⁾ Georgie. I. 351 ff.

⁴⁵⁾ Virgil, ursprüngl. Feargil, ein geb. Ire, wurde 767 Bischof von Salzburg.

Bombastus v. Hohenheim (geb. 1493 zu Einsiedeln in der Schweiz, gest. (ermordet?) 1541 in Salzburg). Nach ihm hängt der gesamte Verlauf der Witterung ausschliesslich von den Sternen ab; diese bestimmen und künden also nicht allein die Schicksale der Menschen, sondern auch die Umwälzungen in der Atmosphäre. „Wie aus den Bäumen Aepfel und Birnen wachsen, ebenso wachsen aus den Sternen Wind, Regen und Schnee“. Es gibt also eigene Regensterne, aus denen der Regen auf die Erde herunterfällt. „Die Schneesterne sind in der Milchstrasse vereinigt“. „Es kann auch Schnee im Sommer entstehen, wenn die Schneesterne im Winter ihre Arbeit versäumen.“ (!) Ausserdem kennt Paracelsus noch Hagelsterne, deren „Früchte“ meist in die Monate März und April fallen. Er meint hiemit jedenfalls die sog. Graupeln oder Rieseln, wie sie im Frühjahr häufig bei uns vorkommen. Ueberdies weiss er von 32 Graden von Blitz- und Donnersternen und endlich auch von einem Regenbogenstern zu erzählen.⁴⁶⁾

§ 38.

Bauernregeln. Hundertjähriger Kalender.

Die sog. Bauernregeln sind aus der Erfahrung geschöpft; allein es kommt ihnen nur insofern einige Berechtigung zu, als in gewissen Jahreszeiten gewisse klimatische Verhältnisse regelmässig eintreten pflegen. Hieher gehört z. B. die Thatsache, dass die grösste Winterkälte erst nach dem kürzesten Tage eintritt. Der Volksmund drückt dies aus in dem Vers: „Wenn die Tage langen,⁴⁷⁾ kommt der Winter gegangen“ — eine Erscheinung, die wissenschaftlich sich ebenso sicher erklären lässt, als die andere Thatsache, dass die grösste Hitze im Sommer nicht etwa auf die Zeit des längsten Tages, sondern etwas später fällt. — Der Vers: „Matheis bricht 's Eis, hat er keins, so macht er eins“ beruht auf der Erfahrung, dass Ende Februar (Mathias 24. Febr.) gewöhnlich die grösste Kälte vorüber ist, dass aber nach anhaltend mildem Wetter um diese Zeit häufig ein Kälterückschlag erfolgt. — Der Spruch: „Ist der April auch noch so gut, er schneit dem Bauer auf den Hut“ ist insofern richtig, als in Deutschland die mittlere Tempe-

⁴⁶⁾ Dr. Jörg, Programm der Studienanstalt Landau v. J. 1881/82.

⁴⁷⁾ d. h. länger werden.

ratur während des April nur wenig von 0° verschieden ist. — Der grosse Respekt, welchen die sog. Eismänner (Pankratius, Servatius und Bonifatius, 12., 13., 14. Mai) im Volke geniessen, hängt damit zusammen, dass um Mitte Mai die Polarströmung (§ 40, III) zum Schaden der Feld- und Baumfrüchte häufig und auf längere Zeit nochmal die Oberhand gewinnt, freilich aus Gründen, die noch nicht klar erkannt sind! Die hiebei genannten bestimmten Tage sind vom kalenderfesten Volke blos zur Fixierung der Regel gewählt und spielen in Bezug auf den eigentlichen Gegenstand gar keine Rolle.

Der sog. hundertjährige Kalender beruht auf der ganz willkürlichen Annahme, dass nach je 7 Jahren derselbe Witterungsverlauf sich wiederholen müsse, weil entweder die Sonne oder einer der Planeten das Jahr „regiere“, und hat seinen Namen daher, dass der erste derartige Kalender, der im Jahre 1700⁴⁸⁾ erschien, ein ganzes Jahrhundert umfasste.

19 Sonnenjahre sind ziemlich genau = 235 Mondmonaten, und es kehren also nach je 19 Jahren dieselben Stellungen zwischen Mond und Sonne wieder. Hieraus hat man geschlossen, dass ein 19jähr. Witterungscyclus bestehe, aber ebenso grundlos.

Trotz dieser Verirrungen und Verwirrungen entschwendener Zeiten und Geschlechter haben wir nicht Ursache, achselzuckend auf die Vergangenheit herabzublicken. Denn auch das Wissen unserer Zeit ist von bedeutenden Lücken keineswegs frei, und auch auf unser Jahrhundert folgen andere, die wieder uns gegenüber Fortschritte werden zu verzeichnen haben.

§ 39.

Mondphasen. Sonnenflecken. Nicht blos im grauen Altertum und während des Mittelalters, sondern auch in unserer Zeit hat sich und zwar in breiten Volksschichten die Meinung erhalten, dass der Mond ein Hauptfaktor der Witterungsverhältnisse sei, insbesondere, dass jeder sog. Mondwechsel einen Umschlag der Witterung bedinge. Selbst in Gelehrtenkreisen vermochte man sich von der Vorstellung eines solchen Zusammenhanges nicht zu emanzipieren. So glaubten insbesondere Herschel und Buy-Ballot einen Zusammenhang zwischen den Mondstellungen und der Be-

⁴⁸⁾ Uranus und Neptun waren damals noch nicht entdeckt.

wölkung annehmen zu müssen. Nach neueren Untersuchungen Ellner's ist jedoch der Mond „ein kontrollierbares meteorologisches Element in keiner Weise“. Ebenso konstatiert Pollak⁴⁹⁾, dass es ihm während 8jähriger Beobachtungen nicht gelungen sei, irgend einen Zusammenhang zwischen Mondphasen und Witterung festzustellen.

Dagegen soll sich (nach Blanford und Hann) in der Verteilung des mittleren Luftdrucks über dem hinterindischen Tropengebiet deutlich eine 11jährige Periodizität der Witterungsverhältnisse so erkennen lassen, dass dem Luftdruckmaximum ein Sonnenflecken-Minimum entspricht. Auch ist (durch Meldrum) ein Parallelismus zwischen der Fleckenfrequenz und dem Auftreten der Cyclonen (Drehstürme) im indischen Ozean, in der chinesischen See und im Golf von Mexiko **ausser Zweifel** gestellt.

Zu einer wissenschaftlichen Begründung dieses Zusammenhangs haben es jedoch die Fachmänner bis heute noch nicht gebracht. „Ueberhaupt“, bemerkt Günther⁵⁰⁾, dürfte es im Interesse des guten Rufes der meteorologischen Wissenschaft wohlgethan sein, die ungezügelte Periodenjagd zu meiden, um zu schweigen von Extravaganzen, wie jene des Nationalökonomen Jevons, der sogar die Krisen des Welthandels an die Fleckenhäufigkeit der Sonnenscheibe geknüpft hat.

Sehen wir nun zu, wie derartigen vagen Annahmen und Hypothesen gegenüber die moderne Witterungslehre ihre Aufgabe erfasst und zu erfüllen sucht.

§ 40.

Luftdruck und Windrichtung. Bei der leichten Verschiebbarkeit der Luftteilchen und bei dem in der ganzen Natur unverkennbar herrschenden Streben nach Bewahrung des vorhandenen und Wiederherstellung des gestörten Gleichgewichtes ist leicht einzusehen, dass jede irgendwie verursachte ungleiche Verteilung des Luftdrucks eine Strömung, also einen Wind in benachbarten Gegenden bedingt. Der kausale Zusammenhang zwischen Luftdruck und Windrichtung ist hiemit gegeben. Die moderne

⁴⁹⁾ A. a. O.

⁵⁰⁾ A. a. O.

Meteorologie stellt nun hierüber folgende Gesetze auf, welche theils aus der Natur der Sache selbst fliessen, theils durch vielseitig angestellte und lange fortgesetzte Beobachtungen derart festgegründet sind, dass Ausnahmen davon entweder nur scheinbar sind oder auf lokalen Einflüssen und Verhältnissen (Gebirgszüge u. a.) beruhen.

— Die erwähnten Gesetze sind:

I. Alle Luftströmungen sind Folge von Temperaturveränderungen. (Leopold v. Buch, gest. zu Berlin 1853.)

II. Alle über die Erdoberfläche streichenden Winde wehen stets von Gegenden höheren nach solchen niederen Luftdrucks.

III. Es gibt 2 Hauptluftströme, aus denen alle anderen regelmässigen Strömungen sich ableiten; diese sind der Aequatoreal- und der Polarstrom.

IV. Auf der nördlichen Hemisphäre werden sämtliche Winde nach rechts — auf der südlichen nach links abgelenkt; stellt man sich also mit dem Gesicht nach der Richtung, nach welcher der Wind weht, so hat man

auf der nördlichen Halbkugel den niederen Luftdruck (Minimum) links und etwas nach vorn, den hohen nach rechts und etwas rückwärts;

auf der südlichen Halbkugel umgekehrt.

(Gesetz von Buys-Ballot.)

V. Alle Winde bewegen sich in spiralförmigen Bahnen, sind also Wirbelwinde oder Teile von solchen (Cyclonen und Anticyclonen); und zwar wehen sie um ein Barometerminimum nach einwärts und aufwärts; um ein Maximum nach auswärts und abwärts.

§ 41.

Fortsetzung. Das I. Gesetz fliesst aus der Wirkung der Wärme auf alle Körper. Wird nämlich an einer Stelle die Erdoberfläche durch Einwirkung der Sonne mehr erwärmt als an einem anderen Punkte, so steigt sie hier, weil leichter geworden, (§ 27,1) in die Höhe und kältere Luft strömt als die schwerere unten in den so entstandenen luftverdünnten Raum nach.

Das II. Gesetz bedarf keiner besonderen Erklärung.

Das III. Gesetz folgt aus dem ersten und zugleich aus der Stellung der Erde zur Sonne. Am Aequator fallen die Sonnen-

strahlen unter grösseren Winkeln ein, als in höheren Breiten; es wird also dort mit der Erdoberfläche auch die Luft mehr erhitzt als hier. Die infolge hievon aufsteigenden Luftmassen fliessen, oben angelangt, zu beiden Seiten nach den Polen hin ab. Wegen des in der Höhe schwächer werdenden Druckes dehnen sie sich überdies aus, kühlen sich hiebei ab und sinken daher gegen die gemässigten Zonen hin auf die Erdoberfläche zurück. Von den Polen her strömt gegen den Aequator hin — zum Ersatz — kältere Luft an der Erdoberfläche nach. Deshalb treffen in unserem Himmelsstrich beide Hauptströmungen zusammen, fliessen nicht nur über-, sondern auch nebeneinander hin, und geraten so in Widerstreit: unsere Region ist die Region des Kampfes.

Gesetz IV ist eine Folge der Achsendrehung der Erde v. W nach O. Es gelangen nämlich auf der nördlichen Halbkugel

Winde aus S von Gegenden schnellerer Achsendrehung (an welcher ja die ganze Atmosphäre teilnimmt) in solche langsamerer Rotation; sie haben also eine grössere Geschwindigkeit als letztere, eilen daher voraus: aus S wird SW — also Ablenkung nach rechts;

Winde aus N gelangen, nach S vordringend, aus Gegenden langsamerer in solche schnellerer Rotation, bleiben somit zurück: aus N wird NO — also Ablenkung nach rechts.

Winde aus O werden von den auf sie stossenden SW- Winden — und ebenso jene aus W von den NO- Winden nach rechts abgedrängt; so dass aus O nun SO, aus W aber NW wird. Es stammt somit kein Luftstrom aus der Gegend, aus welcher er uns zu wehen scheint. Daher das Dove'sche Dictum: „Alle Winde sind Lügner“.

Auf der südl. Halbkugel ergibt sich analog eine Ablenkung sämtlicher Luftströmungen nach links.

Hierin liegt auch die Erklärung der das ganze Jahr über wehenden Passatwinde, sowie ihrer unveränderlichen Richtung.

Gesetz V bezieht sich auf die Richtung des Luftstromes, wenn irgendwo ein Barometerminimum oder -Maximum auftritt. (Fig. 14.)

Denken wir uns z. B. unter den konzentrischen, um D herumliegenden Kreisen der Fig. 14 a konzentrische Isobaren, und über dem Centrum D (etwa Dillingen) ein Minimum. Die von allen

Seiten nach diesem Punkte geringsten Drucks herbeiströmenden Luftmassen werden auf ihrem Wege zunächst (Ges. IV) nach rechts abgelenkt; die so abgelenkten werden aber durch die von aussen nachfolgenden Luftmassen nach innen, nach dem Centrum hin gedrängt; durch diese beiden Ursachen entsteht nun eine Bewegung der Luft in einer der Bewegungsrichtung des Uhrzeigers entgegengesetzten, zugleich aber immer nach innen drängenden, also einer sich verengenden spiralförmigen Kurve, bei welcher das Centrum immer links vom Winde liegt. Verfolgen wir den angenommenen konkreten Fall bis zum Ende, so hätten wir zunächst nördlich von der Stadt NO und O-, westlich NW und N-, südlich SW und W- und östlich SO- und S-Sturm.

Durch das fortgesetzte Nachdrängen der aussen befindlichen und herzuströmenden Luftmassen wird aber den schon ins Innere gedrängten kein anderer Ausweg offen gelassen, als nach oben, welchen sie auch um so lieber ergreifen, als ja das Minimum selbst schon durch einen aufsteigenden Strom erwärmter Luft entstand, welcher, hinter sich stets einen luftverdünnten Raum erzeugend, die nachfolgende Luft gleichsam an sich saugt und in die Höhe führt. Am Mittelpunkt der Depression selber herrscht aber, wie sich aus dem Gesagten unschwer ergibt, völlige Windstille.

Die hier aufgestiegene Luft kühlt sich, oben angelangt, wieder ab — ähnlich wie am Aequator — und senkt sich, immer noch in einer Kurve fliessend, weiterhin wieder nach abwärts.

Ein Maximum (Fig. 14 b) zeigt dagegen in Hinsicht auf Windrichtung gerade entgegengesetzte Erscheinungen.

Zunächst strömt hier die Luft vom Centrum nach aussen hin; denn da die Luft um ein Maximum einen Berg, also eine Art massiven, aufrechten Kegels dargestellt, so ergibt sich ein Wegfliessen der Luft vom Orte des grössten Drucks nach den Orten geringeren Drucks von selbst. Aus Gründen, die bereits berührt sind, tritt jedoch bald eine Ablenkung der ursprünglichen Windrichtung ein; so weht also im S des Centrums NO, im N aber SW; dann im O ein NW, im W aber ein SO-Wind. Im Centrum selbst herrscht, wie bei einem Minimum, Windstille.

Die zunächst unten, wo der Druck am grössten, abfliessende Luft wird ersetzt aus höher gelegenen Schichten des Luftberges;

so entsteht dann neben der Tendenz von innen nach aussen noch eine zweite von oben nach unten.

Während aber um ein Minimum die Spiralwindungen der Luftströmungen sich immer mehr verengen, werden sie um ein Maximum stets grösser und grösser, und verlieren sich schliesslich.

Es ergibt sich also in der That, dass alle Winde Wirbelwinde oder Teile von solchen sind. Daher werden auch Maxima und Minima gemeinschaftlich als „Wirbelcentra“ bezeichnet.

Der Leser mag sich nun folgende Fragen (die zum Teil der Schulausgabe des Lehrbuches der Physik von Reis entnommen sind, aber beliebige Modifikationen erfahren können,) selbst beantworten.

a) Welche Windrichtung haben Frankreich, Deutschland, England, Schottland, Island, Norwegen, wenn über Irland ein Maximum oder ein Minimum liegt?

b) In Sibirien herrscht während des Winters ein Maximum (§ 29). Welche Winde müssen zur genannten Jahreszeit die umliegenden Länder haben?

c) Welchen Wind hat China im Winter, welchen im Sommer? (§ 29).

d) Im Winter liegt über Neuholland ein Maximum, im Sommer ein Minimum; warum haben seine Küsten feuchte Sommer, aber trockene Winter?

§ 42.

Luftdruck und Windstärke. Gradient. Der Luftdruck nimmt von einem Maximum oder Minimum aus nicht immer gleichmässig zu oder ab. Aus Fig. 12 und 13 sieht man, dass das Luftthal, welches in Fig. 11 durch die Isobaren angedeutet ist, von O her gegen das Depressionszentrum steiler abfällt, als von W her; noch viel auffälliger ist dies jedoch von S gegen das Zentrum hin im Vergleich zur Nordseite der Fall. — Auch zwischen 2 aufeinanderfolgenden Isobaren ist der Winkel gegen den Horizont nicht stets derselbe, woraus folgt, dass der Luftdruck von Isobare zu Isobare nicht im selben Verhältnis abnimmt.

Findet nun an einer Stelle eine stärkere Ab- oder Zunahme

des Luftdrucks statt, so wird dies offenbar auch eine stärkere Strömung in der einen oder anderen Richtung zur Folge haben.

„Die Differenz nun, welche im Luftdruck zweier Orte besteht, die um 1 Aequatorgrad (= 111,3 km) von einander entfernt sind und deren Verbindungsgerade auf der Isobarenrichtung senkrecht steht⁵¹⁾, heisst der barometrische Gradient. Es muss jedoch hier bemerkt werden, dass dieser Terminus in doppeltem Sinne gebraucht wird, nämlich 1) im arithmetischen Sinne — als Druckdifferenz auf eine bestimmte Entfernung hin; 2) im geometrischen Sinne — als Strecke von bestimmter Richtung.

Würde man also zu einer Isobare, etwa 755 mm, gegen das Depressionszentrum hin eine Senkrechte ziehen, auf dieser eine Strecke = 111,3 km abmessen, und an dem so gefundenen Endpunkte nach eingelangter Nachricht einen Barometerstand von 754 mm verzeichnet finden, so wäre der Gradient (im erstgenannten Sinne) an dieser Stelle = 1 mm.

Sind die Isobaren — gleichviel ob um ein Maximum oder Minimum — konzentrisch, so fallen die Gradienten (in letzterem Sinne) mit den Radien zusammen.

Sind die Isobaren ganz oder nahezu parallel, so sind es nach geometrischen Gesetzen auch die Gradienten (wieder im letzten Sinne gebraucht).

Mit Rücksicht auf das Gesagte sind nun folgende Sätze ohne Schwierigkeiten zu begreifen:

I. Je geringer an irgend einer Stelle der Abstand zweier benachbarten Isobaren ist, desto grösser ist hier der Gradient (im arithm. Sinne), sofern nur die Isobaren nach bestimmten Differenzen des Barometerstandes, etwa (wie in der Praxis üblich) von 5 zu 5 mm eingetragen werden.

II. Je grösser an einer Stelle der Gradient, desto stärker ist hier der Wind; denn je verschiedener der Luftdruck an zwei in bestimmter Entfernung von einander liegenden Punkten ist, desto stärker ist naturgemäss das Streben nach Druckausgleichung an dieser Stelle.

⁵¹⁾ Dr. Börnstein, die lokale Wetterprognose.

Nach angestellten Beobachtungen herrscht bei Gradienten
bis zu 0,3 mm (auf 111,3 km Entf.) — Wind
über 0,3 mm — Sturm
bis 4 mm — Cyclon.

Demnach spricht man von Wind-, Sturm- und Wirbelsturm-Gradienten. Die zwei ersteren bilden die Regel, die letzten die Ausnahme.

III. Um ein Minimum treten in der Regel starke, — um ein Maximum dagegen meist schwache Gradienten auf; mit anderen Worten: Um ein Minimum herrscht gewöhnlich Wind bis Sturm; um ein Maximum meist schwacher Wind bis Windstille.

Die ein Minimum verursachende Erwärmung der Luft macht nämlich, dass diese rasch in die Höhe steigt, was natürlich ein ebenso rasches Nachströmen der benachbarten Luftschichten zur Folge hat. Ein Maximum entsteht dagegen durch Abkühlung der zuerst erwärmten Luft; diese abgekühlte Luft kann aber nur langsam abwärts fließen, da in tieferen Schichten sich ebenfalls kühlere Luft schon befindet; hieraus aber resultieren notwendig schwache Winde, die gegen das Centrum hin sogar ganz verschwinden. — Uebrigens spielt hiebei auch die Centrifugalkraft eine Rolle.

§ 43.

Wanderungen der Wirbelcentra. Vergleicht man die an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen angefertigten Isobarenkarten, so erkennt man auf den ersten Blick, dass die Centra, und insbesondere die der Depressionen während kurzer Zeit ihren Ort verändert haben. In der überwiegenden Anzahl der Fälle lässt sich sogar eine Uebereinstimmung in der Richtung dieser Ortsveränderungen erkennen, nämlich eine Wanderung von W nach O.

Die Depressionen insbesondere ziehen fast ohne Ausnahme über den nordatlantischen Ozean heran, wenden sich gegen Britannien und schlagen erst von da aus, also in der Nähe des Kontinentes und über demselben, verschiedene Richtungen ein. Der Hauptgrund für die fast konstante über dem Ozean gegen NO gehende Richtung dieser Zentra liegt wohl in der von den Ostküsten Nord-Amerikas gegen die NW-Küsten gerichteten Bewegung des warmen Golfstromes. Durch das Aufsteigen der über ihm liegenden, relativ wärmeren Luftschichten entsteht in den unteren Regionen von selbst ein Nachströmen der benachbarten Luftmassen.

So bahnt gleichsam der Golfstrom für die entstandene Bewegung den Weg nach O und NO. Uebereinstimmend melden auch die vom Kanal nach New-York gehenden Seefahrer gerade in den erwähnten ozeanischen Gegenden sehr rasch wechselnden, zuerst sinkenden, dann wieder steigenden Barometerstand. Begreiflich; sie fahren ja der Depression entgegen, aus einem Luftberg heraus dem Luftthal zu, durch dasselbe hindurch oder nahe daran vorbei — und auf der anderen Seite wieder in einen Luftberg hinein.

Besonders häufig sind für die in Europa auftretenden Depressionen folgende 5 „Zugstrassen“⁵²⁾:

Die I. Zugstrasse beginnt westlich von Nordschottland, führt in n. ö. Richtung bis zu den Lofodden, und zieht dann entweder in der bisherigen Richtung oder auch nach O und SO weiter.

Die II. Zugstrasse führt von den Shetlandsinseln durch Südsandinavien, über den bottnischen zum finnischen Meerbusen.

Zugstrasse III geht vom gleichen Ausgangspunkte nach SO, durch Skagerrak, Kattegatt, Ostsee über Ostpreussen nach dem Süden Russlands.

Zugstrasse IV kommt vom atlantischen Ozean an der Südseite Irlands vorüber, durchschneidet England in der Richtung nach NO, von wo sich die Strasse in eine mehr südlich resp. nördlich ziehende teilt und entweder im bottnischen Meerbusen oder im weissen Meere endigt.

Zugstrasse V führt a) vom westl. Ende des Kanals in s. ö. Richtung durch Frankreich — und b) östlich durch Oberitalien und hierauf entweder zum schwarzen oder s. ö. durchs adriatische Meer.

Aus tabellarischen Zusammenstellungen über Ort und Zeit der beobachteten Minima ergibt sich ferner, dass

- 1) die nördl. Gegenden von den Depressionszentren weit häufiger okkupiert sind als die südlichen (Verh. 131 : 36) und dass
- 2) dieselben im Herbst und Winter häufiger sind als im Frühjahr und Sommer (96 : 71).

Dies stimmt in beiderlei Hinsicht mit den Temperaturverhältnissen überein. Im S sind diese weit gleichmässiger als im N; und ebenso ist die milde Jahreszeit gleichsam die Ruhezeit der Atmosphäre im Gegensatz zu Herbst und Winter, deren Charakter vorzugsweise stürmisch ist.

⁵²⁾ Dr. Börnstein, Lokale Wetterprognose.

Im Gegensatz hiezu treten die Maxima des Barometerstandes um so häufiger auf, je weiter man gegen S geht; wie denn schon im § 42 III. darauf hingewiesen wurde, dass die Maxima durch ruhigere Luftströmung, oft auch durch völlige Windstille sich charakterisieren; ihr ganzes Wesen weist sie also auf den S an, der ebenfalls durch eine solidere, dauerhaftere Konstitution der Atmosphäre gekennzeichnet ist.

§ 44.

Ausdehnung der Wirbel und Geschwindigkeit ihrer Centra. Wie in Bezug auf den Ort, so unterscheiden sich beiderlei Wirbel auch in Hinsicht auf ihre Ausdehnung, sowie auf die Geschwindigkeit der Fortbewegung ihrer Centra.

Die Maxima sind nicht selten über halb, ja ganz Europa ausgedehnt, bewegen sich meist langsam, und neigen mehr zum längeren Verbleiben über einem Orte hin, als zur Ortsveränderung; ja es gibt nicht selten Fälle, wo ein Maximum nicht nur Tage, sondern Wochen lang über einer Gegend sich erhält. Als hervorragendes Beispiel mag hier die Elevation angeführt sein, welche von Anfang November bis Ende Dezember 1879 — und diejenige, welche bald darauf vom 7. Januar bis Ende Februar 1880 über Mitteldeutschland mit dem Centrum über Bamberg lag.

Eine Depression dagegen erstreckt sich meist auf ein enger begrenztes Gebiet, schreitet dagegen mit bedeutender Geschwindigkeit auf seiner Bahn dahin. Die Durchschnittsgeschwindigkeit der Minima ist zwar zur Zeit noch nicht annähernd bestimmbar; jedoch sind Geschwindigkeiten von 40 km in der Stunde nicht selten, aber auch solche von 90 km (im selben Zeitraum) sind bekannt. Indess ist die Geschwindigkeit des Fortschreitens nicht gleichmässig. So hatte der Wirbel, dessen Centrum in den Tagen vom 7.—10. Februar 1868 über Nord-Europa hinzog, seine grösste Geschwindigkeit über dem atlantischen Ozean bis zu seiner Ankunft an der norwegischen Küste. Sobald das Festland erreicht war, nahm die Geschwindigkeit ab und verlangsamte sich mehr und mehr bis Russland. Der Grund hiefür liegt ziemlich nahe. An der norwegischen Küste schon, und noch mehr beim Vorschreiten nach Russland fand nämlich jener Wirbel kalte und schwere Luft vor, die

einem tiefen Stande des Barometers und einer raschen Verschiebung des Wirbelzentrums wenig günstig war. In der That stieg damals das Barometer über dem Zentrum von dem Augenblicke an, wo letzteres das Festland erreicht hatte.

Nachdem so in Kürze die Hauptsätze der neueren Witterungslehre, so weit sie sich auf Luftdruck und Barometer beziehen, aufgeführt sind, werfen wir auch noch einen Blick auf ihre Nutzbarmachung für die Zwecke des Handels und Verkehrs, sowie Versicherung von Leben u. Eigentum, d. h. auf die Praxis der Witterungsprognose. Auch hiebei werden wir jedoch hauptsächlich das Barometer im Auge behalten.

§ 45.

Gleichzeitige Beobachtungen. Während durch Jahrtausende hin von einer systematischen Beobachtung der Witterungsverhältnisse und ihrer Bedingungen nicht die Rede sein konnte, vielmehr alles nur auf vereinzelter Beobachtungen und vagen Vermutungen, ja mitunter auf geradezu lächerlichen Kombinationen beruhte, war es der Naturauffassung der neueren und neuesten Zeit vergönnt, auch in dieser Hinsicht einen Schritt vorwärts zu machen: denn sie besitzt, wie wir gesehen, wohlbegründete Prinzipien, einen festen Boden, auf dem sie stehen, und auf welchem sie, wenn auch langsam, doch sicher fortschreiten kann.

Bei der Natur der Atmosphäre ist grösstes Gewicht vor allem darauf zu legen, dass gleichzeitige Beobachtungen an möglichst vielen, über ein grösseres Gebiet zerstreuten und zweckmässig vertheilten Punkten angestellt werden.

Die Idee, solche gleichzeitige Beobachtungen ins Leben zu rufen, entstand jedoch nicht etwa in unseren Tagen, sie ist vielmehr, wie so manche andere, dem Haupte des genialen Pascal entsprungen. Auf seine Veranlassung hin fanden in den Jahren 1649 und 1650 täglich gleichzeitige Ablesungen des Barometerstandes statt und zwar in Paris durch ihn selbst, in Clermont durch seinen Schwager Perier, sowie durch Chanut und Descartes in Stockholm. Die Ungunst der damaligen Verkehrsverhältnisse, so-

wie die in technischer Hinsicht nicht geringe Mangelhaftigkeit der Apparate liessen jedoch das Unternehmen nicht den verdienten Erfolg erzielen. Im Interesse der Gegenwart weit mehr als in dem der Vergangenheit ist dies lebhaft zu beklagen. Wie viel sicherer würden wir jetzt manche — wenn auch nicht alle — Vorgänge in der Atmosphäre, ihren ursächlichen Zusammenhang, sowie die Art der bevorstehenden Veränderungen beurteilen können, wenn jene Beobachtungen eine ununterbrochene Fortsetzung gefunden hätten und wenn wir uns so auf mehr als 200jährige gleichzeitige Aufzeichnungen stützen könnten!

In Deutschland hat sich die von Kurfürst Karl Theodor v. d. Pfalz (1756) gestiftete meteorologische Gesellschaft (Die „Academia Palatina“) zu Manheim nicht nur dadurch, dass sie Instrumente nach allen Punkten in Deutschland, Russland, Frankreich und Italien versendete, die Resultate der Beobachtungen genau verzeichnete und dieselben in den „Ephemeriden“ niederlegte, sondern insbesondere durch Einführung eines gemeinschaftlichen Beobachtungssystems hohe Verdienste erworben. Aber die Welt im Grossen hatte damals und späterhin für derlei gemeinnützige Unternehmungen noch lange nicht Interesse genug, und so blieben nicht nur diese, sondern auch die Bemühungen des franz. Deputierten Rumme (1793) für Benützung des (damals allein bekannten und im Gebrauch stehenden) optischen Telegraphen, wie die späteren Versuche Kreils in Prag (1842), seine Zeitgenossen für Heranziehung des elektrischen Telegraphen zu interessieren, ohne unmittelbare Folgen.

§ 46.

Stationen und Sturmwarnungen. Erst die Neuzeit mit ihren riesenhaften Fortschritten auf dem technischen Gebiete, unterstützt von dem allenthalben erwachenden Gemeinsinn, vermochte hier Wandel zu schaffen.

Im Jahre 1858 legten zuerst die energischen Amerikaner Hand ans Werk und die „Smithsonian Institution“ bezog nicht viel später bereits von 32 amerikanischen Stationen tägliche Mitteilungen. Auf Alex. v. Humboldt's (gest. 1859) Veranlassung boten auch die Regierungen der einzelnen europäischen Staaten die Hand. Im Jahre 1867 waren z. B. in Preussen schon 60, in Sachsen 24, in

Oesterreich 107, in Württemberg 24, in der Schweiz 80, in Russland etwas über 20, in Amerika aber über 100 Stationen thätig.

Seit Erfindung der elektrischen Telegraphie ist es möglich, Störungen der Atmosphäre, wie sie von den Beobachtungsinstrumenten angegeben oder von den Sinnen unmittelbar wahrgenommen werden, rasch anderen Stationen mitzuteilen und denselben mit grosser Wahrscheinlichkeit Witterungsänderungen und besonders das Herannahen von Stürmen anzukünden, Katastrophen für Leben und Eigentum zu verhüten oder doch seltener zu machen.

Aus derartigen Beweggründen wurden auf Buys-Ballots Anregung am 1. Juni 1860 solche Mitteilungen in den niederländischen Häfen, seit 1861 durch Admiral Fitz-Roy in England⁵³⁾, seit 1863 auch in Frankreich eingeführt. Vor der Belagerung im Jahre 1870/71 war Paris Zentralstation eines regelmässigen Telegraphendienstes. Allmorgendlich liefen hier von 21 französischen und 42 auswärtigen Stationen Europas telegraphische Witterungsberichte ein und wurden, soweit sie die Interessen der Schifffahrt berührten, von diesem Zentrum aus an 15 verschiedene Küstenstationen weiter befördert. — Seit 1874 hat England den eingestellten Verkehr seiner Küstenstationen mit verschiedenen Modifikationen wieder aufgenommen. Geschah dies auch in erster Linie und zunächst nur für die spezifisch englischen Interessen, so wurde der diesbezügliche Verkehr doch ziemlich bald auf die Küstenstationen angrenzender Meere ausgedehnt.

Aus diesem vereinzelt, nur von äusseren Veranlassungen hervorgerufenen Verkehr entwickelte sich jedoch in kurzer Zeit ein regelmässiger Depeschenwechsel über ganz Europa hin, dessen Gegenstand nicht mehr bloss Sturmwarnungen waren, sondern dessen Aufgabe darin bestand, täglich und zu einer festbestimmten Stunde, sich über atmosphärische Vorgänge auf dem Laufenden zu erhalten und Material für möglichst grosse und möglichst vollständige Beobachtungsreihen zu beschaffen, um aus denselben womöglich neue Gesetze zu erschliessen. Fast in allen europäischen Staaten wurden die schon bestehenden Stationen stetig vermehrt, und innerhalb der einzelnen Länder je eine Centralstation errichtet, die mit den Nebenstationen in regelmässigem Ver-

⁵³⁾ wo sie aber nach dessen Tode wieder eingestellt wurden.

kehr steht. Aber auch die Centralstationen der einzelnen Länder unter sich stehen in ebenso regelmässiger telegraphischer Correspondenz. Für das deutsche Reich ist seit dem 1. Januar 1876 die Seewarte in Hamburg als Zentralstation bestimmt. Sie erhält jeden Tag zur bestimmten Stunde telegraphische Witterungsberichte und sonstige meteorologische Mittheilungen aus allen Theilen des deutschen Reiches, ausserdem auch aus sämtlichen Ländern Europa's mit einziger Ausnahme der iberischen Halbinsel.

§ 47.

Sturmsignale. Wie vom Stande einer Schlacht, so kann man sich auch vom Zustande der Atmosphäre keine klare Vorstellung machen, so lange man nur die Ereignisse in der eigenen Umgebung kennt. Wie ein Feldherr muss daher auch der Meteorolog aus den einlaufenden telegraphischen Berichten sich erst ein Bild über die Art und etwaige Ausdehnung atmosphärischer Umwälzungen machen. Hat er aber aus den ihm gewordenen Mittheilungen z. B. das Herannahen oder überhaupt die Bewegungsrichtung einer Depression (§ 42) erkannt, so ergreift er seine Massregeln. Sofort werden z. B. von der Seewarte in Hamburg Nachrichten an alle bedrohten Orte gegeben. Der Inhalt solcher Depeschen wird von den Telegraphenämtern unverzüglich den Hafenbeamten etc. mitgeteilt, welche dieselben dann ihrerseits geeignet weiterbefördern. An Ort und Stelle werden sofort ungesäumt die Signale gegeben, um die in der Nähe der Küste befindlichen Schiffe zum Einlaufen zu veranlassen, die in See gegangenen Fischerbote heimzurufen und am Ufer befindliche vom Auslaufen abzuhalten.

In England und nach seinem Beispiele auch bei uns und anderwärts bestehen die Alarmsignale aus einem Kegel und einer Trommel (Cylinder) sowohl in Höhe als Durchmesser 1 m haltend. Diese Formen sind deshalb gewählt, weil sie sich von allen Seiten her in derselben Gestalt (als Drei- und Vierecke) präsentieren, und somit allerseits gleich gut erkennbar sind; sie werden an exponierten Punkten auf hohen Masten, oder auch auf den höchsten Punkten der Leuchttürme aufgehisst; bei Nacht aber durch ebenso leicht erkennbare Lichtsignale ersetzt. Insbesondere bedeutet ein Kegel mit Spitze nach oben einen N-Sturm (Fig. 15)

„ „ „ „ „ unten „ S-Sturm (Fig. 16)

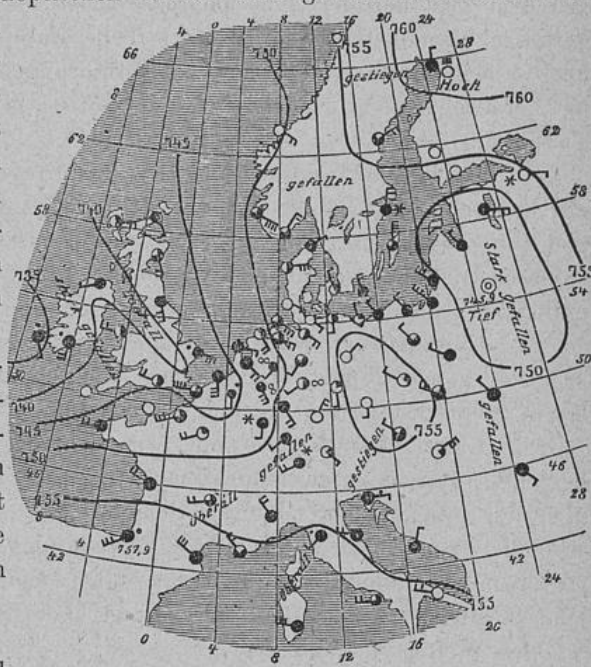
- ein Cylinder einen Wirbelsturm — Cyclon (Fig. 17)
 „ Kegel mit Spitze nach ob. ü b. dem Cyl. — Orkan aus N (Fig. 18)
 „ „ „ „ „ unten unter d. Cyl. — Orkan aus S (Fig. 19).
 In Italien werden die Sturmsignale durch rote Flaggen gegeben.

§ 48.

Synoptische Karten und Witterungsprognose.

Sinnenfällige Gebilde sprechen weit deutlicher und gewähren rascheren Ueberblick, als noch so ausführliche, aber in trockenen Worten und toten Zahlen gegebene Mitteilungen. Deshalb werden auf den Zentralstationen auf Grund der eingelaufenen Berichte täglich „synoptische Wetterkarten“ angelegt.

Diese synoptischen Karten sind gewöhnliche Landkarten, die in mässigem Format ein grösseres Ländergebiet, etwa ganz Europa, umfassen und welche die zu einem festgesetzten Zeitpunkt an den verschiedenen Stationen herrschenden atmosphärischen Verhältnisse in Zeichenerhalten. Ein Beisp. davon gibt Fig. 20, welche nach Publikation der deutschen Seewarte Luftdruck, Wind und



(Fig. 20.)

Bewölkung angibt, wie sie über einem grossen Teil Europas am 24. März 1877 morgens 8 Uhr geherrscht haben.

Bei Anlage einer solchen Karte obliegen dem auf der Zentralstation diensthutenden Meteorologen folgende Geschäfte:

1) Eröffnung der rechtzeitig eingelaufenen Witterungstelegramme und Eintrag der darin enthaltenen Angaben über Barometerstand etc. in das Kärtchen neben der betr. Station.⁵⁴⁾

2) Angabe der Windrichtung in der Karte durch Pfeile, die mit dem Winde fliegen, dann der Windstärke durch Fiedern an den Pfeilen.

3) Angabe der Bewölkung durch verhältnismässige Ausfüllung des die Station markierenden Kreises, sowie Anzeige von Niederschlägen neben demselben, (Regen durch Punkt, Schnee durch Sternchen).

4) Ziehung der Isobaren, wobei die Zentra speziell noch mit der Bemerkung „hoch“ oder „tief“ ausgezeichnet werden.

Nun liegt vor des Beamten Augen ein übersichtliches Bild von dem Zustande der Atmosphäre, welcher selben Tages zu einer gewissen Stunde über dem grössten Teile Europas geherrscht hat, und es beginnt nun auf Grund von Erfahrungen, sowie nach den im vorausgehenden dargelegten Grundsätzen seine spekulative Thätigkeit.

Zunächst erkennt er aus der eben angelegten Karte und durch deren Vergleichung mit der des vorausgehenden Tages Ort und Gang der Zentra; hieraus aber, sowie aus den eingetragenen Isobaren und den zugehörigen Gradienten ergibt sich die Richtung und Stärke des Windes für die nächste Zukunft.

Hieraus folgt wieder für die verschiedenen Länder Europa's eine ganze Reihe von Schlüssen auf den ungefähren Charakter der zunächst bevorstehenden Witterung.

Liegt beispielsweise ein von ruhigem heiterem Wetter begleitetes Barometermaximum über Frankreich, nachdem es gestern über der pyrenäischen Halbinsel gelagert war, so wird es (wahrscheinlich) seine nach NO gerichtete Wanderung mit der bisherigen Geschwindigkeit fortsetzen und sich daher morgen über Deutschland befinden. Es ist dann für morgen über Mitteleuropa ruhiges, schönes Wetter zu erwarten.

Oder ein Barometerminimum ist während der letzten 24 Stunden vom nördlichen Irland bis zur holländischen Küste fortgeschritten; daher wird es (wahrscheinlich) nach 24 Stunden sich über

⁵⁴⁾ Die Stationen sind auf den Kärtchen durch einen kleinen Kreis bezeichnet.

Mitteldeutschland befinden, und zwar mit all' seinen begleitenden Erscheinungen: stürmisch bewegte Luft, im N östliche und nordöstliche, im S westliche und südwestliche Winde mit Niederschlägen über dem ganzen Gebiete. Wegen des voraussichtlichen N- und NO-Sturmes werden die Küstengebiete zu warnen sein.

Doch sind die Zustände in der Luftregion nur selten so einfach, als hier angenommen wurde, und dies ist neben lokalen Ursachen ein Grund, weshalb auch die Vorausbestimmungen für die nächste Zukunft mitunter nur teilweise oder gar nicht zutreffen.

Hat' sich der Meteorologe solcherweise das mutmassliche Bild der atmosphärischen Verhältnisse für den nächsten Tag — in Betreff der entfernteren Zukunft wird er sich weises Schweigen auferlegen — zurecht gelegt, so fasst er die gemachten Beobachtungen in wenigen grossen Zügen zusammen, und übergibt die Prognose dem Telegraphenbureau, welches sie an die Zentralstationen der europäischen Länder und der deutschen Bundesstaaten befördert. Von da gelangt sie, mit den nötigen Modifikationen versehen, (ebenfals telegraphisch) an die der Zentralstelle des Landes untergeordneten „Nebenstationen“, sowie an die darauf reflektierenden Amtsstellen, abonnierte Private und Tagesblätter.

§ 49.

Fortsetzung. Diese Versendung der Prognosen geht aber, was das flache Land betrifft, noch so langsam von statten, dass dieselben meist erst anlangen, wenn der Zeitpunkt, für welchen die Prognose gestellt wurde, bereits vorüber ist. Wie wichtig aber ein rechtzeitiges Eintreffen der betr. Nachrichten auch für den Landbau (Ernte), insbesondere aber für Weingegenden ist, braucht wohl nicht erst begründet zu werden.

In dieser Hinsicht haben die Amerikaner, praktisch, wie sie sind, jüngst einen nachahmungswerten Schritt vorwärts gethan. „In letzter Zeit sind nämlich an den Eisenbahnwagen, namentlich im Süden und Westen, und auf verschiedenen öffentlichen und Privatgebäuden, eine Reihe von mysteriösen Flaggen in allerhand Kombinationen erschienen, welche bei Vielen schon Kopferbrechen erregt haben werden. Diese Flaggen dienen einem neuen System der Verkündigung von Wetterwahrscheinlichkeiten, das erst seit

kurzem von dem hiesigen⁵⁵⁾ Wetterbureau entwickelt worden ist. Unter dem alten System: Aufhängen von Wetterberichten in den Postbureaus, Anzeigen in den Zeitungen konnte man namentlich die Leute, für welche die Berichte am wichtigsten sind: Farmer und Seeleute, nur ungenügend erreichen. Deshalb wurde eine Reihe von Flaggen konstruiert, welche bestimmte Veränderungen des Wetters bedeuten. Diese Flaggen müssen sich diejenigen, welche sie aufziehen wollen, selbst anschaffen. (Kosten 17—20 Doll.). Von der hiesiger. Signaldivision gehen täglich an Zentralstationen, welche etwa einen Umkreis von 100 Qu.-Meilen haben, die Voraussagungen telegraphisch ab. Die Vorsteher dieser Stationen haben die Verpflichtung, sofort die betreffenden Flaggen aufzuziehen und per Telegraph oder Telephon an die anderen Stationen ihres Bezirks und an die Bahnhofsvorsteher der Bahnen, auf deren Wagen die Signale gezeigt werden, weiter zu berichten, und so werden die Voraussetzungen sehr schnell über ein möglichst grosses Territorium bekannt gemacht. Lieutenant Beau⁵⁶⁾ sagt, dass namentlich für die Farmer von Süden und Westen die Anbringung der Signalflaggen auf den Eisenbahnzügen von grossem Vorteil war.⁵⁷⁾“

§ 50.

Reduktion des Barometerstandes auf die Meereshöhe. Da die gleichzeitigen Beobachtungen des Barometerstandes nicht bloß bei verschiedenen Temperaturen, sondern auch in sehr verschiedenen Höhen über dem Meeresspiegel vorgenommen werden, die Höhe des Beobachtungsortes aber von sehr bedeutendem Einfluss auf den Barometerstand ist (§ 3 und 22), so würde sich auf der Zentralstation ein ganz unrichtiges Bild der Luftdruckverteilung ergeben, wenn nicht für Reduktion des Barometerstandes — wie auf gleiche Temperatur (§ 13), so auch auf gleiche Höhe gesorgt würde. Als solche ist die Höhe des Meeresspiegels, (in Deutschland des Nordseespiegels) angenommen.

⁵⁵⁾ New-Yorker —

⁵⁶⁾ Vorstand der New-Yorker Signaldivision.

⁵⁷⁾ Augsburger Abdtz. Nov. 1885.

Die Grundlage für diese Reduktion bietet die Gl. (III) des § 23, nämlich

$$h = 18382 \left(1 + \frac{2(t_1 + t_2)}{1000} \right) \log \frac{b}{b'}$$

wo h die Höhendifferenz der beiden Beobachtungspunkte (hier der Stationen) bedeutet. Da jedoch im vorliegenden Fall die untere „Station“ das Meeresniveau selbst ist, für welches $h_2 = 0$, so ist $h_1 - h_2 = h_1 = h$, d. h. die Grösse h obiger Gl. bedeutet kurzweg die Meereshöhe derjenigen Station, für welche die Reduktion gemacht werden soll, b' der daselbst beobachtete und bereits auf 0°C reduzierte, b der gesuchte Barometerstand, wie er sich unter sonst gleichen Umständen auf der Meereshöhe ergeben würde.

Weniger einfach steht es hinsichtlich der Grössen t_1 u. t_2 , d. h. der an der unteren und oberen Station gleichzeitig beobachteten Temperaturen; denn in unserem Falle kennt man ja nur die an der oberen Station herrschende Temperatur, während man über jene an der Meeresoberfläche mehr oder weniger willkürliche Voraussetzungen zu machen hat.

Auf den Stationen, welche mit der deutschen Seewarte in telegraphischer Verbindung stehen, wird die Reduktion in der Art vorgenommen, dass nicht die jeweilige Temperatur, sondern nur die mittlere Jahrestemperatur Berücksichtigung findet. Es wird dementsprechend für $\frac{t_1 + t_2}{2}$ die mittlere jährliche Temperatur der zwischen der oberen Station und dem Meeresniveau zu denkenden Luftschicht eingesetzt.

„Wollte man übrigens dennoch auf die jeweils herrschende Temperatur Rücksicht nehmen, so dürfte man speziell für die bayerischen Stationen unbedenklich die Annahme machen, dass die Temperatur auf beiden Punkten (Station u. Meer) die gleiche sei. Denn hier handelt es sich zunächst, ja einzig um Vergleichung unserer Barometerbeobachtungen mit denen der (nördlicher gelegenen) Stationen der Nord- und Ostsee-Küsten. Da nun unsere, zwar höher, dafür aber auch südlicher liegenden Stationen im allgemeinen entweder gleiche, oder sogar höhere Lufttemperaturen aufweisen, als die eben bezeichneten Orte, so würde man den Fehler nur vergrössern, wenn man hier eine Abnahme der Temperatur mit der Höhe in Rechnung ziehen wollte, besonders im Winter, wo

nicht selten die höher liegenden Stationen höhere Lufttemperaturen aufweisen, als Orte auf tieferem Niveau.⁵⁸⁾

Die Voraussetzung $t_1 = t_2$ liegt deshalb auch der auf jeder bayer. Station I. Ordnung⁵⁹⁾ aufliegenden und für jede eigens berechneten Reduktionstabelle zu Grunde.

Handelt sichs blos um ein paar hundert Meter Höhen-Differenz zwischen Meer und Station, so lässt sich auch die im § 23 aufgeführte Babinet'sche Formel mit Vorteil benützen, welche für $t_1 = t_2 = t$

$$b = \frac{15996,24 (1 + 0,004 t) + h}{15966,24 (1 - 0,004 t) - h} b'$$

ergibt.

§ 51.

Grenzen der Witterungsprognose. Es ist im Vorausgehenden ein kurzer Ueberblick über die moderne Theorie der Witterung und ihre praktische Anwendung gegeben, und auch auf den Unterschied zwischen der früheren und der jetzigen Auffassung der atmosphärischen Vorgänge hingewiesen worden. So sehr wir nun berechtigt sind, uns über die unlängst gemachten Fortschritte zu freuen und für noch zu machende Zuversicht zu haben, so ist doch auch unumwunden einzugestehen, dass wir von einer absoluten Sicherheit hinsichtlich der Wetterprognosen noch sehr weit entfernt sind.

Die Gründe hiefür liegen auf der Hand. Eine derselben ist in der Natur der Atmosphäre selbst gelegen. Die Configuration derselben ändert sich zwar nicht sprungweise, aber immerhin oft sehr rasch. Wie ganz anders ist, um nur ein Beispiel anzuführen, häufig genug der Zustand der Atmosphäre in Bezug auf Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit etc. in dem Augenblick, wo die Depesche an die Zentralstation abgeht — und wie anders in dem Moment, wo der Meteorologe die eingelangte Depesche öffnet, um ihren Inhalt für seine Prognose zu verwerten?

⁵⁸⁾ „Beobachtungen der meteorolog. Stationen im Königreich Bayern“, herausgegeben von der k. b. met. Zentralstation in München. I. Jahrg. 1879. S. XXXI.

⁵⁹⁾ Wie anderwärts gibt es auch in Bayern neben den Stationen „I. Ord.“ auch solche „II. Ord.“; auf diesen, zu denen auch Dillingen gehört, werden zwar thermometrische etc., nicht aber barometrische Beobachtungen angestellt.

Welche Umwälzungen im Luftgebiet sich aber erst während einer ganzen Nacht abspielen können, braucht nicht gesagt zu werden.

Auch die lokalen Umstände, wie Höhenzüge, Thäler, Waldungen, Stromläufe etc. heischen Berücksichtigung; nicht einmal der Meteorologe der Nebenstation mit ihrem kleinen Rayon, geschweige der der Zentralstation ist im Stande, auffallend das in ausreichendem Grade Rücksicht zu nehmen und für jeden einzelnen Ort eines weiten Gebietes mit auch nur annähernder Sicherheit zu prognostizieren. Naturgemäss muss ja die Prognose um so mehr an Sicherheit verlieren, je grösser das Gebiet ist, auf das sie sich erstreckt.

Hiezu kommt, dass der Telegraph vielfach von Beförderung politischer, merkantiler und privater Nachrichten präokkupiert ist und deshalb dem Meteorologen nicht, so oft es wünschenswert wäre, zur Verfügung gestellt werden kann.

Angesichts all dieser Schwierigkeiten ist es gewiss anzuerkennen, dass so viel geleistet wird, als in der That der Fall ist.

Die Seewarte in Hamburg stellt ihre Prognose für das ganze, doch immerhin ansehnliche Gebiet des deutschen Reiches auf; dennoch vermochte sie in den Prognosen der Jahre 1877 und 78 etwa 75% Treffer aufzuweisen.

Die Münchener meteorol. Zentralstation für Bayern gibt folgende Vergleichung der in den Jahren 1881 und 1882 abgegebenen Prognosen hinsichtlich ihrer Sicherheit, in Prozenten der vollen Richtigkeit:

Jahr	Wind	Bewölkung	Niederschlag	Temperatur	Mittel
1881	82,3	82,9	78,0	79,1	80,5
1882 ⁶⁹⁾	85,4	87,3	79,1	84,7	84,1
Zunahme	3,1	4,4	1,1	5,6	3,6

Gewiss ein schönes Ergebnis und ein unverkennbarer Fortschritt!

⁶⁹⁾ Die Resultate der folgenden Jahre waren mir nicht zugänglich.

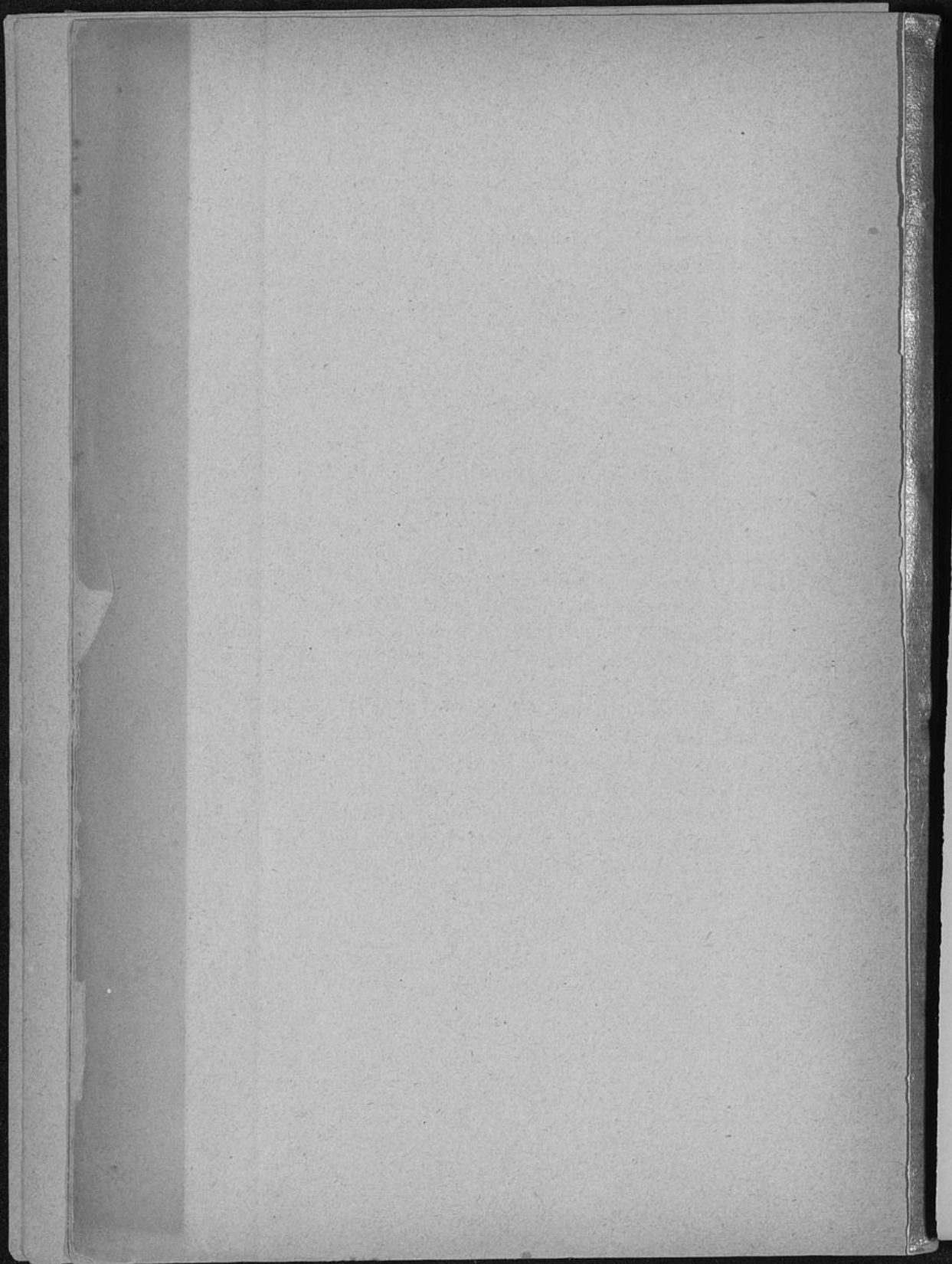
Im Bewusstsein ihrer gegenwärtigen Unvollkommenheit legen sich übrigens die Prognosen stets weise Zurückhaltung auf; sie beschränken sich ausnahmslos auf die nächsten 24 Stunden und auf einen bestimmten, nicht zu ausgedehnten Rayon; sie sprechen von dem Kommenden unter stetem, wenn auch stillschweigenden Vorbehalt, dass die ihr gemachten Mittheilungen zuverlässig sind, und die atmosphärischen Veränderungen stetig vor sich gehen.

§ 52.

Schluss. Damit möge diese Betrachtung ihren Abschluss finden.

Den Freunden dieses Gegenstandes zur Freude und Ermutigung, allen, die sich misstrauischen Blickes bei Seite halten, zur Einladung, insbesondere aber den Gegnern der Wetterprognosen zur Beherrigung schliesse ich mit den schönen Worten Strachans:

„Indem ich das Barometer . . . von seiner Erfindung bis zu seiner heutigen Vervollkommenung gezeichnet und die Belehrungen, welche es uns gegeben, aufgezeichnet habe, glaube ich — wie ungenügend und unvollkommen dies auch geschehen sein mag, dargethan zu haben, wie Kenntnisse einer bestimmten Art gesammelt, kombiniert und formuliert worden sind. Nun nenne ich Kenntnisse, die methodisch auf eine gewisse Ordnung zurückgeführt sind, Wissenschaft. Wenn Sie der gleichen Meinung sind, so stimmen wir darin überein, dass wir uns nun mit einer Wissenschaft beschäftigt haben. Und ich meinesteils sage: nicht mit einer kindlichen, sondern mit einer stets wachsenden Wissenschaft, die in hohem Masse die allgemeine Aufmerksamkeit verdient, da unser aller Gesundheit, Wohlbehagen und Gedeihen mehr davon berührt wird, als von irgend einer andern Wissenschaft.“



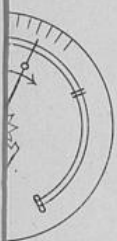
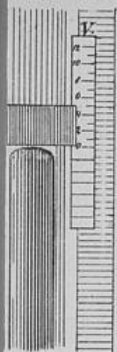
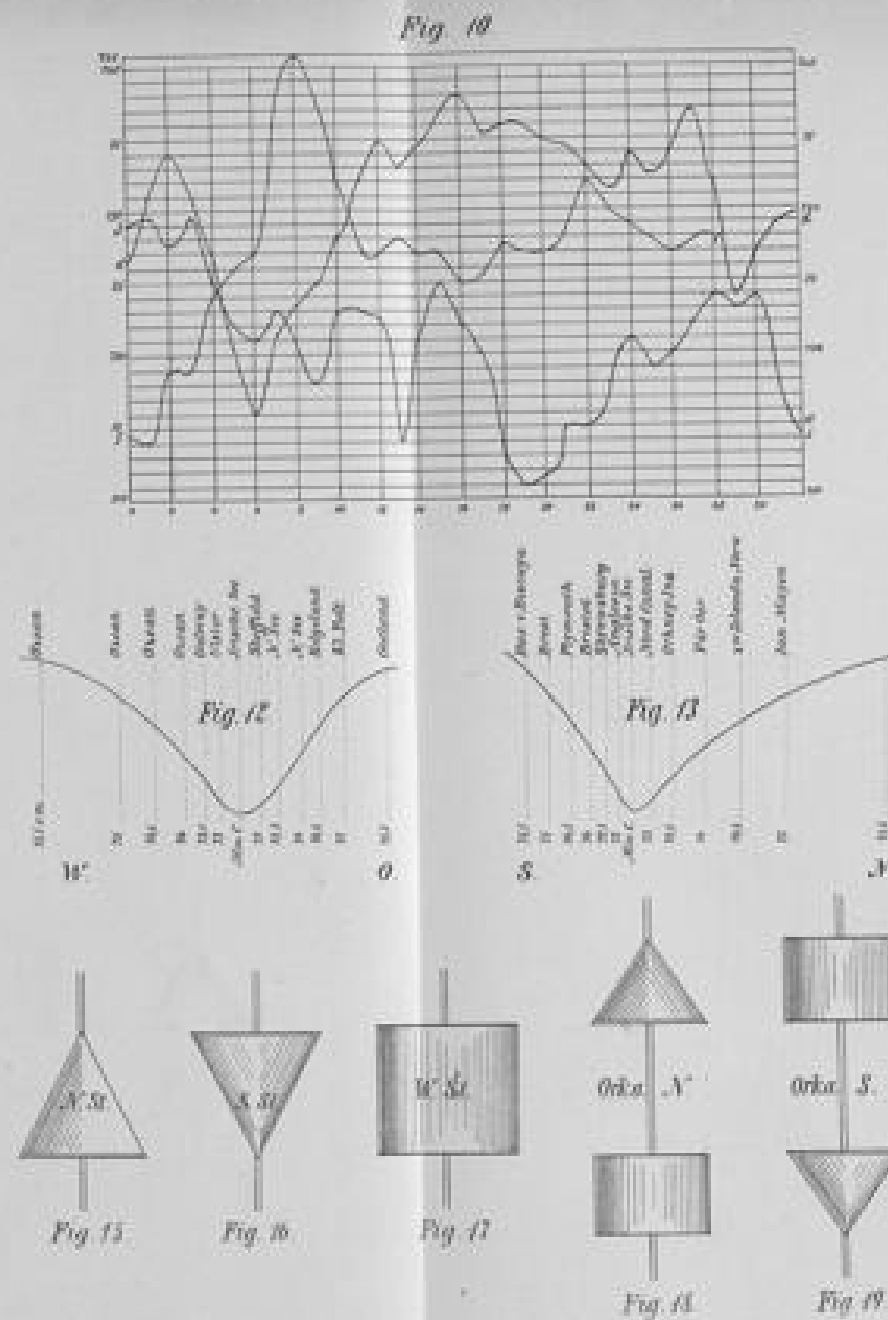
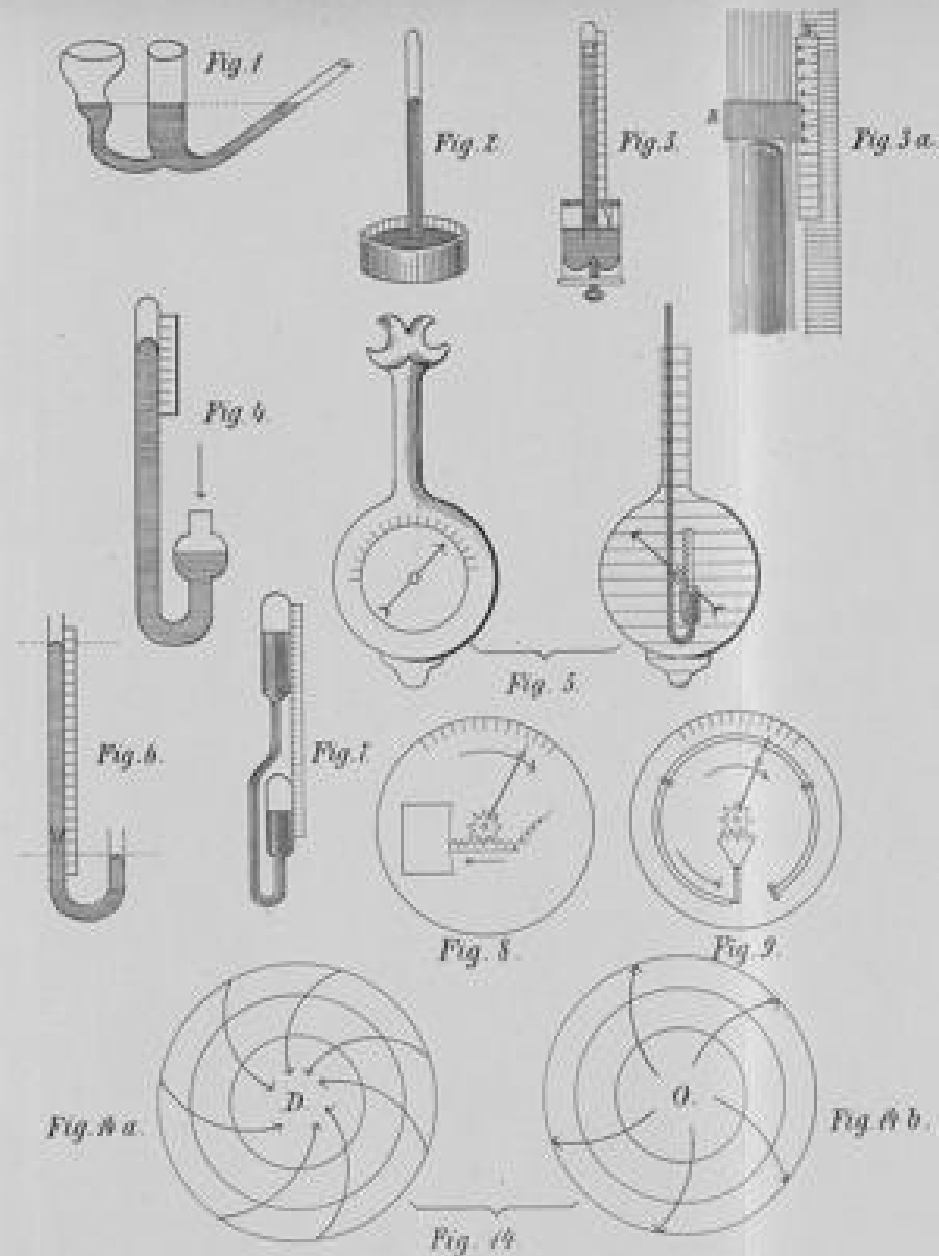
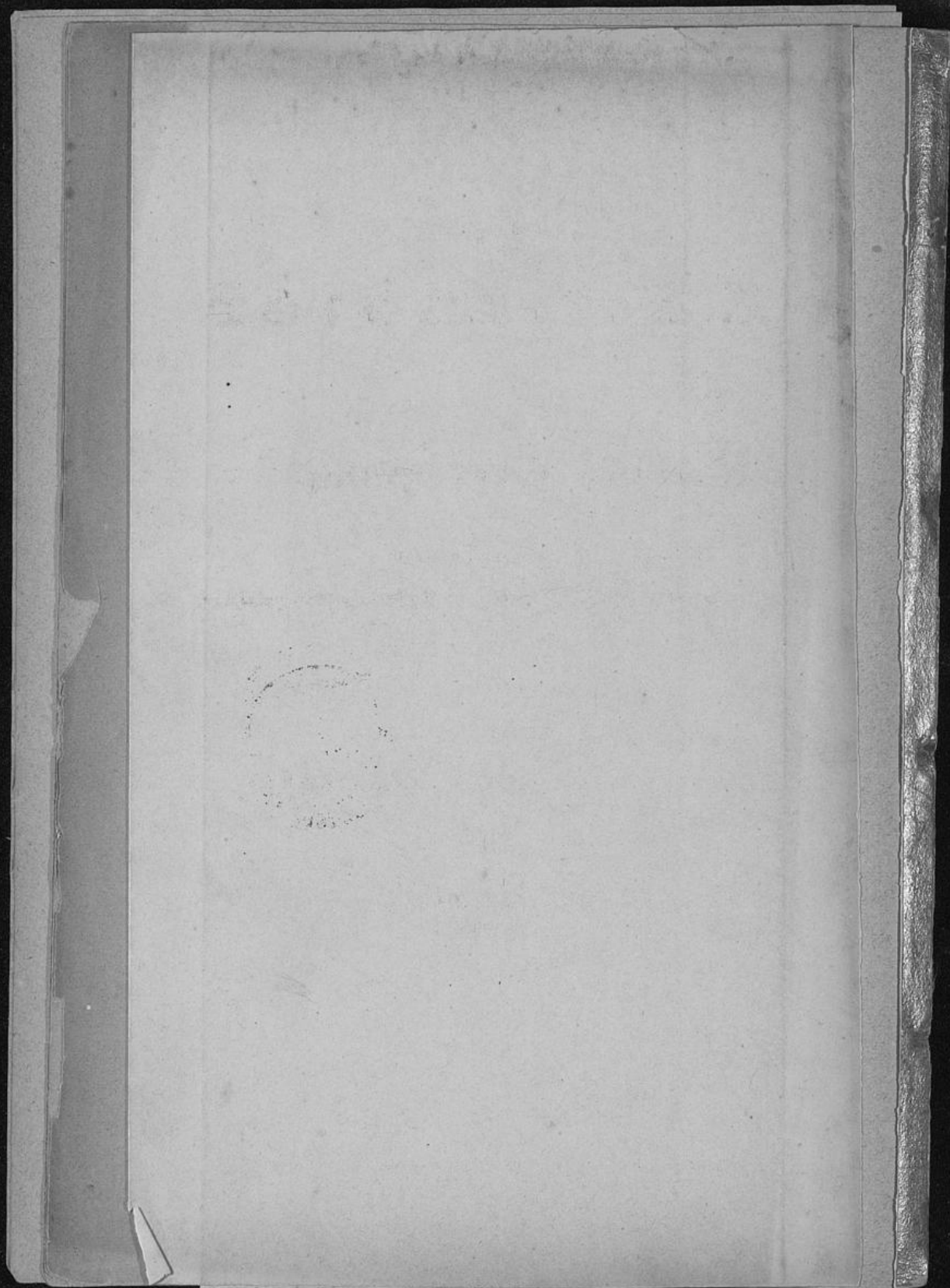


Fig. 9.



Fig.





TIFFEN® Gray Scale

© The Tiffen Company, 2007



A 1 2 3 4 5 6 **M** 8 9 10 11 12 13 14 15 **B** 17 18 19

