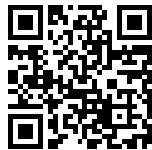

This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

<https://books.google.com>





Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.



I. H. Nicholson



Bibliothek des Deutschen Museums



057000186522

Anweisung

zur

Kenntniß, Prüfung, Anwendung und Verfertigung
aller Arten

Thermometer, Barometer, Hygrometer, Pyrometer, Kräometer, Hydrometer

u. dergl. m.

nach den neuesten Erfindungen und Verbesserungen.

Mit

Belehrungen über die specifische Schwere und vergleichenden Tabellen der verschiedenen Skalen von Réaumur, Celsius, Fahrenheit, Baumé und Andern.

Eine nützliche Schrift

für

jeden Physiker, Chemiker, Pharmazeuten, Laboranten, Destillateur, Branntweimbrenner ic., sowie für alle Diejenigen, welche sich mit der Verfertigung von dergleichen Instrumenten beschäftigen oder solche erlernen wollen.

Von

Robert Nicholson.

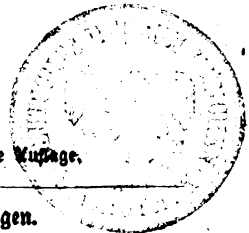
Zweite, bedeutend vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 106 lithographirten Abbildungen.

Quedlinburg und Leipzig.

Druck und Verlag von Gottfr. Wasse.

1833.



1904 A 1339

S n h a l t.

Erste Abtheilung.

1. Erklärung des Gegenstandes der Aerostatik. Seite 1.
2. Größe des Druckes der Luft nach Torricelli. 1.
3. Das Barometer. 2.
4. Von der Skale des Barometers. 5.
5. Ablesen des Barometerstandes. 7.
6. Das Heber-Barometer. 8.
7. Einfluß des Thermometerstandes auf die Barometerhöhe. 11.
8. Einfluß der Barometerhöhe auf den Thermometerstand. 12.
9. Prüfung des Barometers. 12.
10. Anwendungen des Barometers bei dem Gewerbswesen. 13.
11. Kugel-Barometer. 14.
12. Verfertigung der Barometer. 15.
13. Mariottesches Gesetz über die Ausdehnung der Luft. 15.
14. Ausdehnung der Luft durch die Wärme. 16.
15. Construction der Thermometer. 17.
16. Apparat zur Messung der Ausdehnung fester Körper durch die Wärme. 20.
17. Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten durch die Wärme. 22.
18. Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme. 23.
19. Ausdehnung anderer tropfbarer Körper durch die Wärme. 25.
20. Das Thermometer. 25.
21. Ueber Verfertigung der Thermometer. 26.
22. Prüfung des Thermometers. 33.
23. Anwendung des Thermometers bei dem Gewerbswesen. 33.
24. Vergleichung des Fahrenheit'schen, 100theiligen und Reaumur'schen Thermometers. 40.
25. Vergleichung der englischen und französischen Barometerstalen in Follen. 41.

Zweite Abtheilung.

Die jetzt in England gebräuchlichen Thermometer und Pyrometer, ihre Verfertigung und Anwendung.

Einleitung. Seite 43.

1. Geschichte und Construction des Thermometers. 44.
2. Geschichte und Construction der Pyrometer. 49.
3. Geschichte und Construction der Register-Thermometer. 66.
4. Von den Differential-Thermometern. 70.
5. Von einigen besondern Anwendungen des Thermometers. 73.
6. Fahrenheit's Skale. 74.
7. Reaumur's Thermometer-Skale. 75.
8. Delisle's Thermometer-Skale. 77.
9. Die Skale des Celsius oder die hunderttheilige. 78.
10. Specifische Wärme. 79.
11. Wärmeleitungsfähigkeit. 82.

Dritte Abtheilung.

Die verschiedenen Arten der Thermometer, Barometer, Pyrometer, Aräometer, Hygrometer, Hydrometer u. und die neuesten Erfindungen und Verbesserungen derselben.

1. Mottimer's Metallthermometer. Seite 85.
2. Wedgwood's Thermometer und Pyrometer. 87.
3. Mills' Pyrometer. 93.
4. Ueber ein Heber-Hydrometer, und dessen Anwendung zur Bestimmung der Temperatur des Wassers bei der größten Dichtigkeit. Von Heinr. Meißle 94.
5. Ueber die Verfertigung übereinstimmender Aräometer mit Beauméscher Gradleiter, von A. Schöber und J. P. Pecher, Oberfeuerwerker u. 96.
6. Reductionsformel für das Quecksilber-Thermometer u. Von August. 100.
7. Vergleichung einer frühern Thermometerstale mit den jetzigen. 101.
8. Ueber richtige Construction von Weingeistthermometern. 101.

9. Breguet'sches Thermometer zur Beobachtung des Maximums und Minimums. Von Lechevallier. Seite 104.
10. Maximumthermometer (Registerthermometer). Von S. King. 104.
11. Maximumthermometer (Geothermometer). Von Magnus. 105.
12. Thermometer zu Versuchen üb. die Veränderlichkeit d. Siedepunktes. Von Kemp. 110.
13. Kältemesser (Frigorimeter), oder Instrument zur Bestimmung, um wie viel ein Metall durch die Kälte zusammengezogen wird. 110.
14. Thermo-Barometer des Hrn. Angelo Bellani. 114.
15. Prinsep's Pyrometer. 111.
16. Neue Thermometer-Fassung. 112.
17. Untersuchungen über das Leitungs-Vermögen dünner Körper, welche der Einwirkung der Wärme ausgesetzt sind u. Von Hrn. Fourier. 112.
18. Ueber Hrn. Buntens's Barometer. 124.
19. Gläserne Springbrunnen. 125.
20. Ueber die Vorfertigung richtiger Kröometer. Von Dr. Fr. Körner zu Jena. 125.
21. Neue Art, Thermometer aufzuhängen. Von W. Mageough. 127.
22. Idee zu einem Pyrometer, das seine Grade von sich selbst aufzeichnet. 128.
23. Hrn. Christie's verbessertes Barometer. 129.
24. Ueber Heberbarometer mit fixer Scale und Röhre. Von Johann Bartak. 129.
25. Neues Kröometer, von Don Jose Maria Bustamente. 131.
26. Absprengen der Kolben und Glasröhren. 135.
27. Thermomanometer, oder Instrument, um die Elasticität des Wasserdampfes zu messen. 135.
28. Beschreibung eines neuen Hygrometers von der Erfindung des Hrn. A. Benoit, welches derselbe Hygroscop nennt. 136.
29. Ueber einige Vorsichtsmaßregeln bei Beobachtungen mit dem Kröometer. Von Hrn. Dubrunfaut. 140.
30. Ueber ein feststehendes Thermometer, womit man die Temperatur der Färbelufen bestimmen kann, welche mit Dampf erhitzt werden; von Hrn. Achille Penot. 140.
31. A. Bellani's Thermo-Barometer. 143.
32. Verbeffertes Taschenthermometer. 145.
33. Glas durch Reibung zu zerschneiden. 146.
34. Ueber ein Thermobarometer, zur Bestimmung der elastischen Wasserdämpfe, von Colardeau. 147.
35. Wasserbarometer. 147.
36. Neuer, leicht transportabler Barometer. 148.
37. Ueber einen neuen Registerpyrometer zum Messen der Ausdehnung fester Körper und zur Bestimmung der höheren Temperaturgrade u. Von S. Fr. Daniell. 148.
38. Ueber einen neuen sich selbst registrierenden Thermometer. Von Hrn. E. Davy. 152.
39. Luftthermometer. Von Gay-Lussac. 153.
40. Ueber die elastische Kraft des Quecksilberdampfes bei verschiedenen Temperaturen. Von Hrn. Avogadro. 155.
41. Reinigung des flüchtigen Quecksilbers. 165.
42. Lampe zum Glasblasen. 166.

Vierte Abtheilung.

Ueber die specifische Schwere.

- A. Die hydrostatische Wage. Seite 167.
- B. Statistische Untersuchung der Körper. 171.
1. Homberg's Kröometer. 172.
2. Die Taufend-Gran-Flasche. 172.
3. Kubikzoll-Flasche. 173.
4. Homberg's Hydrometer. 173.
5. Baumé's Salzwage. 174.
6. Baumé's Spirituswage. 177.
7. Fahrenheit's Hydrometer. 179.
8. Nicholson's Hydrometer. 180.
9. Guyton de Morveau's Kröometer. 182.
10. Kröometrische Kugeln. 184.
11. Neues Pyrometer von Hrn. Pouillet.

Erste Abtheilung.

§. 1. Erklärung des Gegenstandes des Aërostatik.

Wir verstehen unter der Aërostatik die Lehre vom Gleichgewichte und Drucke der Luft, sowohl für sich, als in Berührung mit andern Körpern. Die Luft ist diejenige Flüssigkeit, welche unsern ganzen Erdball umgibt, und ohne welche kein Thier zu leben im Stande ist. Wir denken uns diese Flüssigkeit, sowie das Wasser aus unendlich vielen und unendlich kleinen Theilen bestehend, die unter einander keinen Zusammenhang haben. Von dem Dasein dieser Flüssigkeit überzeugt uns der Widerstand, der sich bei jeder Bewegung eines leichten Körpers äußert. Wird ein Blatt Papier mit der Hand in der Richtung seiner Fläche durch die Luft bewegt, so unterliegt diese Bewegung gar keinem Anstande; wenn aber die Fläche des Papiers mit der Richtung seiner Bewegung einen rechten Winkel macht, und das Papier an seinem Ende gehalten wird, so wird es schon bei einer sehr geringen Geschwindigkeit von dem Widerstande der Luft umgebogen. Eine jede Bewegung der Luft, jeder Wind gibt uns ebenfalls den Beweis von dem Dasein derselben, obgleich wir ihre Theile nicht sehen.

Die Luft hat die Beweglichkeit der Theile und die Schwere mit dem Wasser gemein; sie hat aber noch eine andere Eigenschaft, welche dem Wasser abgeht, nämlich die weit größere Elasticität, oder die Fähigkeit, sich durch eine angebrachte Kraft zusammendrücken zu lassen, und das Bestreben, ihren Raum fortwährend zu erweitern oder sich auszudehnen, sowie die Kraft nachläßt.

§. 2. Größe des Druckes der Luft nach Torricelli.

(Hierzu Fig. 1.)

Der berühmte Galilaei war der erste, welcher den Lehrsatz, daß die Luft schwer sei, aufstellte. Er wurde hierauf durch den Umstand geführt, daß die Gärtner in Florenz das Wasser mittelst Pumpen nur auf eine beschränkte Höhe zu heben vermochten. Es blieb jedoch seinem Schüler Torricelli vorbehalten, im Jahre 1643 den bestimmten Grund hiervon nachzuweisen. Derselbe nahm eine Glasröhre, die an einem Ende *d* offen, an dem andern *a* aber geschlossen war, und füllte sie ganz mit Quecksilber. Er verschloß hierauf die Oeffnung *d* mit dem Finger, stürzte die Röhre in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß, und entfernte erst dann den Finger, bis das offene Ende der Röhre unter der Oberfläche des Quecksilbers im Gefäße stand. Es war auffallend, daß das Quecksilber aus der umgestürzten Röhre nicht ganz ausfloß, sondern bei jedem Versuche auf einer Höhe von $cb = 27$ bis 28 Zoll stehen blieb. Torricelli schloß hieraus, daß die umgebende Luft auf das Quecksilber außerhalb der Röhre nur eben so stark drücken könne, als das Quecksilber innerhalb der Röhre auf dieselbe Fläche drückt, und daß der gesammte Druck der Luft auf die ganze Erde nur eben so viel betrage, als ob dieselbe mit Quecksilber 27 bis 28 Zoll hoch überschüttet wäre. Man nennt den Raum *ab* in der Röhre, welcher luftleer bleibt, die Torricelli'sche Leere.

Thermometer.

Nach diesem merkwürdigen Versuche sind wir im Stande, den Druck der Luft auf eine jede Fläche zu berechnen. Beträgt nämlich die Höhe des Quecksilbers bei dem vorangeführten Versuche, z. B. 28 N. De. Zoll, und ist die Fläche 1 Quadratfuß groß, so ist der Druck auf diese Fläche, wenn wir die specifische Schwere des Quecksilbers mit 13,6 annehmen $= 1 \cdot 1 \cdot \frac{28}{12} \cdot 13,6 \cdot 56,4$

$= 1789,76$ & Man nimmt die Oberfläche eines erwachsenen Menschen mit beiläufig 14 Quadratfuß an; der Druck der Luft auf einen Menschen beträgt daher $14 \cdot \frac{28}{12} \cdot 13,6 \cdot 56,4 = 25056,64$ & oder 250,57 N. De. Ctnr. Diesen

ungeheuern Druck empfinden wir deshalb nicht, weil die Luft auch vom Innern unsers Körpers herauswirkt, zudem vermögen wir nicht, unsern Zustand mit jenem im luftleeren Raume zu vergleichen. Wir wissen inzwischen, daß die Aenderungen des Zustandes der Luft auf die Gesundheit schwacher Personen einwirken, und daß selbst die stärksten Menschen auf den höchsten Bergen, wo der Druck der Luft viel geringer als in den Thälern ist, ein Uebelbefinden, Mattigkeit und Beklemmung empfinden, welches bloß dem Drucke der im Innern des Körpers vorhandenen Luft nach außen zuzuschreiben ist.

Es ist in vielen Fällen für die Rechnung vortheilhafter, den Druck der Luft mit dem einer Wassersäule zu vergleichen; es fragt sich daher, die Quecksilbersäule von 28 Zoll, welche gewöhnlich dem Drucke der Luft gleichkommt, in eine eben so stark drückende Wassersäule zu verwandeln. Nennen wir die Querschnittsfläche des Quecksilbers im Rohre $= f$, und die Höhe dieser Wassersäule $= x$, so haben wir wegen der angenommenen Gleichheit des Druckes von einer Quecksil-

ber- und Wassersäule die Gleichung $56,4 f \cdot x = 13,6 \cdot 56,4 f \cdot \frac{28}{12}$, woraus

x nahe $= 32$ Fuß folgt; der Druck der atmosphärischen Luft kommt daher einer Wassersäule von 32 Fuß gleich. Hieraus sehen wir nun schon, daß das Wasser durch den Druck der Luft höchstens auf 32 Fuß Höhe gehoben werden könne, und diese Höhe wird in höhern Gegenden, wo der Druck der Luft geringer ist, auch weniger als in der Ebene betragen.

§. 3. Das Barometer.

(Hierzu Fig. 2.)

Die Luft, welche uns allenthalben umgibt, drückt auf die Erde; auf uns, ihre Bewohner und alle übrigen auf ihr befindlichen Körper.

Nehmet eine weite, an beiden Enden offene Glasröhre, und senkt sie in aufrechter Stellung in ein Gefäß mit Wasser, so wird das Wasser in der Röhre so hoch stehen wie außerhalb der Röhre, d. h. in einer Höhe mit der Wasserfläche des Gefäßes; nehmet ihr nun aber statt der an beiden Enden offenen Röhre eine ähnliche, aber an einem Ende geschlossene, oder eine Bouteille, füllet sie mit Wasser und dreht sie, während ihre Oeffnung unter der Wasserfläche eines gefüllten Gefäßes bleibt, so um, daß die Oeffnung unten und der übrige Theil über dem Wasser steht, so wird die Bouteille und die Röhre gefüllt bleiben; ist nun letztere mit dem Finger oder mit einem Hahn oben geschlossen, und ihr öffnet dieses obere Ende, so sehet ihr das Wasser hinunterfallen, bis es wiederum in der Röhre eben so hoch, wie in dem Gefäße stehet.

Wer kennt nicht den sogenannten Stech- oder Stichheber, den man in allen Kellern findet; wer weiß also nicht, daß so lange man seine obere Oeffnung

mit dem Finger zuhält, derselbe voll bleibt, und sich entleert, wenn man oben öffnet? Es fällt sogleich in die Augen, daß das Gefülltsein oder Geleertwerden nur von dem Schluß der einen Oeffnung und von dem Offensein beider Enden der eingetauchten Röhren und Gefäße herrührt; im ersten Falle ist die Luft nur mit dem Wasser an dem untern offenen Ende in Berührung, während bei leerer Röhre dieselbe sowohl unten als oben Zutritt.

Wollten wir nun in der an beiden Enden offenen Röhre das Wasser über den Stand desselben im Gefäße steigen machen, so müßten wir auf die Flüssigkeit im Gefäße in der Art drücken, daß sie nur in die Röhre ausweichen könnte; hätten wir auf diese Art das Wasser bis an das obere offene Ende gedrückt, und würden wir jetzt dieses schließen und sodann aufhören zu drücken, so würde das Wasser eben so wie bei der umgestürzten Bouteille, in der Röhre stehen bleiben; es wird also einerlei sein, ob wir unten drücken und oben offen lassen, oder ob wir unten nicht drücken und oben schließen. Ist aber dieses gleichgültig, so muß auch, wenn wir bei oben geschlossener Röhre nicht mehr drücken, noch immer ein Druck auf die Wasserfläche des Gefäßes ausgeübt werden, welcher im Stande sein muß, die Wassersäule in der Höhe zu erhalten. Nichts liegt aber drückend auf dieser Wasserfläche als die Luft; sie muß daher in der That drücken.

Jetzt wird es einleuchtend sein, warum das Wasser fällt, wenn wir oben öffnen; dann wird ja oben die Luft so stark drücken wie unten, und dies wird gerade so viel sein, wie wenn weder oben noch unten gedrückt würde; das Wasser muß daher in der Röhre so hoch stehen wie im Gefäß.

Warum empfinden wir aber nichts von diesem Druck, ist er vielleicht zu unbedeutend, um uns bemerkbar zu werden? Wir wollen ihn sogleich messen. Hierzu wollen wir eine lange an einem Ende geschlossene Glasröhre nehmen, sie in einem Gefäß mit Wasser füllen und dann so aufrecht stellen, daß das geschlossene Ende oben, das offene aber unten, und letzteres unter der Oberfläche des Wassers im Gefäße bleibt, wir werden alsdann sehen, daß auch die längste Glasröhre, die wir an einem Stücke finden, voll bleibt, das Wasser also durch den Druck der Luft in ihr erhalten wird; daher die Luft auf die untere Oeffnung der Röhre wenigstens so stark drücken muß, als die Wassersäule, welche in der Röhre steht. Nehmen wir eine auch noch so weite Röhre, so wird auch sie gefüllt bleiben.

Um aber genau zu erfahren, wie stark die Luft wirklich drückt, so müßten wir jetzt die Röhre immer verlängern, bis wir dahin kämen, daß sie nicht mehr ganz gefüllt bliebe; wenn wir sie nach der Füllung auf obige Art umkehren würden, dann würden wir schließen, so viel Pfunde die Wassersäule in der Röhre wiegt, so stark ist der Druck der Luft in Pfunden auf den innern Querschnitt der Röhre.

Es ist nun einleuchtend, daß die Röhre nicht notwendig mit Wasser gefüllt werden müsse, sondern, daß wir zu dieser Messung jede andere Flüssigkeit gebrauchen können; wir wollen also, um eine kurze aber gewichtige Säule zu bekommen, statt des Wassers Quecksilber nehmen, und nun gerade so verfahren wie mit dem Wasser.

Wenden wir z. B. eine oben geschlossene Röhre von 2 Pariser Fuß Länge an, so wird, wenn wir sie mit Quecksilber füllen, auch sie gefüllt bleiben, wenn wir sie auf die oben beschriebene Art umkehren; nehmen wir aber eine Röhre von 3 Pariser Fuß, füllen diese und drehen sie nun, so daß der offene Theil in die Flüssigkeit getaucht bleibe, während das geschlossene Ende oben steht, so werden wir diese herunterfallen und so lange schwanken sehen, bis sie etwa 28 Pariser Zoll über dem Spiegel der Flüssigkeit im Gefäße stehen bleibt.

Jetzt wissen wir bestimmt, daß die Luft so stark auf den untern Querschnitt der Röhre drückt, wie die Quecksilbersäule, welche über ihm steht, ist nun die Röhre überall gleich weit, so dürfen wir nur das Gewicht dieser Säule auffuchen, um den Druck in Gewicht ausgedrückt zu erhalten.

Wie lang hätte nun wohl die Röhre sein müssen, wenn wir Wasser statt des Quecksilbers genommen hätten? Das Quecksilber ist ungefähr 13,6 mal schwerer als das Wasser, daher muß auch die Wassersäule, welche so viel wiegen soll als eine Quecksilbersäule von derselben Grundfläche, 13,6 mal höher sein als die erstere.

Die Luft drückt nun wie eine Quecksilbersäule von 28" Höhe, also auch wie eine Wassersäule von $13,6 \text{ mal } 28 = 32$ Fuß ungefähr.

Da nun der Körper eines Menschen von mittlerer Größe etwa 51 Quadratfuß Oberfläche hat, so drückt uns stets das Gewicht von einer Wassersäule von 32 Fuß Höhe und 15 Quadratfuß Grundfläche, was mehr als 33,000 Pfund ausmacht.

Der Druck der Luft wäre daher stark genug, um von uns empfunden zu werden, ja er ist einer Last gleich, welche weit mehr als genügend wäre, alle lebenden Wesen zu zerquetschen; was schützt sie gegen diese Gefahr? was macht es möglich, daß sie sich unter diesem großen Drucke leicht und frei bewegen?

Unsere Knochen, die innern Höhlungen unseres Körpers, sind mit Luft erfüllt, welche eben so stark nach Außen drückt, als die äußere nach Innen, und mit unzusammendrückbaren Flüssigkeiten, welche diesem Drücken widerstehen; die drückende Luft aber drückt uns in allen Richtungen gleich stark, so daß ein Druck den andern aufhebt, und wir uns in der Luft so leicht bewegen, wie der Fisch in der Tiefe des Wassers, unter einem oft 70 – 80fach größerem Drucke als demjenigen, welcher auf uns lastet. Die Quecksilbervorrichtung, welche uns zur Messung des Luftdruckes dient, wird nun fähig sein, uns alle Veränderungen in diesem Drucke anzugeben, denn wird derselbe stärker, so wird das Quecksilber in der Röhre steigen, wird er schwächer, so muß es fallen. Man darf nun nur einen Maßstab neben die Röhre anbringen und ihn in Zolle und Linien theilen, so hat man einen Luftdruckmesser, ein Barometer. Das Wesentliche dieser Vorrichtung besteht nur darin, daß unten an die Quecksilbersäule die Luft Zutritt, und oben keine Luft entgegendrückt, es ist also auch einerlei, ob man wie vorhin eine Röhre in ein Gefäß setzt, oder Gefäß und Röhre aus einem Stück macht, oder nur die Röhre unten umbiegt, s. Fig. 2., so daß sie wie ein Heber aus zwei Armen besteht, von welchen der längere oben geschlossen, der kürzere aber oben offen ist. Setzt man die Röhre in ein Gefäß, oder macht man Gefäß und Röhre an einem Stück, so erhält man ein Gefäßbarometer; wird aber kein Gefäß angebracht, und die Röhre bloß umgebogen, so entsteht ein Heberbarometer. Nach dem Gesagten scheint nichts leichter zu sein, als die Anfertigung eines oder des andern dieser Barometer, allein eine nähere Untersuchung wird uns mit Bedingungen eines guten Erfolges bekannt machen, welchen zum Theil nur mit Sorgfalt und Mühe entsprochen werden kann.

1) Wahl der Röhren. Die vollkommen gleiche Weite der Barometerrohren ist unwesentlich, man hat daher bei ihrer Auswahl nur auf die Reinheit des Glases zu achten. Nur dann, wenn man einen Heberbarometer verfertigen will, bei welchem der Stand des Quecksilbers allein an dem kurzen Arm abgelesen werden soll, muß die Röhre in allen Theilen eben so vollkommen abgeglichen sein, wie bei dem Thermometer. Eine solche Einrichtung wird aber nur manchmal an Reisebarometern gefordert, um eine größere Sicherheit des Instru-

menten und Bequemlichkeit des Ablesens zu erzielen, sie verdient zudem im Vergleich der großen Sorgfalt, welche ihre Anfertigung nöthig macht, und der vermehrten Leichtigkeit, Fehler in der Beobachtung zu begehen, keine Empfehlung; wir können sie also hier süglich übergehen.

2) **Auskochen des Quecksilbers.** Das Barometer kann nur dann den Druck der Luft wirklich messen, wenn diesem Druck nichts als das Quecksilber entgegenwirkt, es ist daher Hauptbedingung, daß die Röhre vollkommen trocken und das Quecksilber ganz rein sei; und daß vorzüglich alle Luft, welche sich sowohl an den Wänden der Röhre als in dem Quecksilber befinden könnte, entfernt werde. Denn diese Luft würde sich, sobald über dem Quecksilber in der Röhre kein Gegenruck mehr Statt fände, mit unaufhaltsamem Bestreben durch das schwerere Quecksilber hindurch in jenen obern Raum begeben; alsdann wirkt aber dem äußeren Luftdruck nicht allein das Gewicht der Quecksilbersäule, sondern auch der Druck der über dieser befindlichen Luft entgegen, so daß also die Metallsäule nicht mehr die Größe des Druckes der äußeren Luft angeben, sondern nur anzeigen könnte, um wie viel diese äußere Luft stärker drücke, als diejenige über dem Quecksilber des Barometers. Eben so wenig dürfte sich Feuchtigkeit in der Röhre befinden; denn diese würde, wenn einmal in dem oberen Raum der Röhre keine Luft mehr wäre, verdampfen, und die hierdurch entstandenen Wasserdämpfe müßten in diesen hinaufsteigen, hier ebenfalls einen Druck ausüben, welcher demjenigen der äußeren Luft entgegenwirken, und hierdurch die Säule in der Röhre verkleinern würde. Das letzte Auskochen des Quecksilbers findet zugleich mit dem Trocknen und Füllen der Röhre Statt.

Man nimmt, um Luft und Feuchtigkeit aus Quecksilber und Röhre zu entfernen, diese, nachdem man sie an dem oberen Ende zugeblasen hat, und bewegt sie vorsichtig ihrer ganzen Länge nach über einem Kohlenfeuer, indem man sie immerwährend dreht, und nach und nach dem Feuer immer mehr nähert. Hierbei verhütet man die Berührung des Glases mit der Flamme, weil sie wohl unfehlbar das Zerspringen der Röhre herbeiführen würde. Durch diese Arbeit jagt man die Feuchtigkeit hinaus. Sodann bringt man einen kleinen Theil des schon früher ausgekochten Quecksilbers in die Röhre, so daß derselbe etwa eine Länge von zwei Zollen einnimmt, und setzt dieses, indem man die Röhre etwas flacher als einen halben rechten Winkel hält, von Neuem der Wärme des Kohlenfeuers auf das Vorsichtigste aus, bis es durch langsam steigende Erwärmung zum Sieden gebracht ist. Hierbei muß man sich nicht durch die entweichenden Luftblasen täuschen lassen, denn dieses ist noch kein Kochen; man muß vielmehr abwarten bis sich das Quecksilber trennt und aufwärts steigt. Nachdem das Kochen kurze Zeit hindurch gedauert hat, verstopft man die Röhre rasch mit einem Korkpfropfen und läßt sie erkalten. Dieses Verstopfen ist wesentlich; würde man es unterlassen, so könnte sich von Neuem Feuchtigkeit an die innere Röhrenwand anlegen.

Nach dem Erkalten nimmt man dasselbe Verfahren mit einer neuen Quecksilbermenge vor; läßt nach dem Sieden wiederum erkalten, und setzt diese Arbeit fort, bis die Röhre beinahe ganz gefüllt ist; man bringt alsdann noch so viel Quecksilber hinzu, als zur vollständigen Füllung fehlt, setzt sodann den Finger fest auf die Oeffnung, indem man sorgfältig vermeidet, daß sich nicht Luft zwischen der Flüssigkeit und dem Finger befinde, und taucht zuletzt die untere Oeffnung in das Quecksilbergesäß des Barometers.

§. 4. Von der Scale des Barometers.

(Hierzu Fig. 3.)

Die Scale des Barometers zeigt an, wie hoch das Quecksilber in der lan-

gen Röhre über demjenigen in dem Gefäß stehe. Da nun dieser Abstand veränderlich ist, und das Fallen der Flüssigkeit im Gefäß ihr Steigen in der Röhre hervorbringt, so kann die Scale an der Röhre keinen unveränderlichen Anfangspunkt, von welchem man zu zählen beginnt, haben.

Bei den gemeinen Zimmerbarometern finden wir nun aber keine Vorrichtung, welche uns gestatten würde, das Fallen des Quecksilbers im Gefäß zu beobachten; diese Instrumente sind bloß so eingerichtet, daß ein sehr bedeutendes Steigen der Säule ein kaum bemerkbares Sinken des Gefäßstandes hervorbringt. Man hat zu dem Ende dem Gefäß einen erheblich größern Querschnitt, als derjenige der Röhre ist, gegeben. Wäre hiernach der Durchmesser des Gefäßes z. B. sechs Mal größer als der Röhrendurchmesser, so würde ein Steigen der Säule von 3 Linien und 6 Punkten nur ein Fallen im Gefäß von 1 Punkt veranlassen. Nimmt man nun, wie dieses sein soll, einen 10 — 12 Mal größeren Durchmesser der Röhre, als den des Gefäßes, so wäre der Fehler in der That für Witterungsbeobachtungen unerheblich; wir werden aber hinlänglich daraus ersehen, wie wichtig Gefäße von großen Querschnitten für diese Barometer seien, und wie man auf vollkommene Genauigkeit bei ihnen keinen Anspruch machen könne.

Instrumente, welche zu genauen Beobachtungen geeignet sind, müssen demnach entweder eine verschiebbare Scale haben, oder man muß bei ihnen das Quecksilber im Gefäße beliebig heben und senken können, damit seine Oberfläche bei jeder Beobachtung immer wieder auf dieselbe Höhe gebracht werden könne. Die Methode der beweglichen Scalen, welche darin besteht, daß sich ein Lineal, auf welchem Zolle und Linien angebracht sind, und vermittelt einer besondern Vorrichtung Theile von Linien abgelesen werden können, hin- und herschieben lasse; diese Methode ist in der Ausführung aber schwer mit gehöriger Genauigkeit herzustellen. Man hat daher hauptsächlich das Mittel der Verschiebung der Quecksilberfläche des Gefäßes angewandt. Es bedürfte hierzu nichts, als das Gefäß mit einem beweglichen Boden zu verschrauben, um diesen nach Belieben höher oder niedriger stellen zu können, und an die Röhre eine Spitze zu befestigen, welche abwärts stehend, stets das Quecksilber berühren muß, wenn es seinen richtigen Stand hat, s. Fig. 3. Auch diese Anordnung ist eine französische Erfindung.

Der Nullpunkt der Scale und die Elfenbeinspitze müssen nun genau in eine Horizontallinie zu liegen kommen. Die Scale selbst ist gewöhnlich in französischen Zollen und ihren Unterabtheilungen ausgebrückt; die neueren Barometer haben jedoch gewöhnlich metrische Scalen, d. h. die Maße sind in Decimetern und ihren Theilen gegeben. Die Scale steigt bis zu etwa 30 Zollen. Am besten wird sie auf Metall gravirt, und alsdann in das, von trockenem Holz gefertigte Gestell eingelassen. Das Gestell aber besteht aus einem Brett, in welches der Länge nach eine Rinne gestossen ist, die ein Drittel der Röhre aufnehmen kann. Es ist zum bequemen Ablesen des Barometerstandes sehr nützlich, diese Rinne in der Gegend, in welcher man die Säule beobachtet, also von 27 — 29", ganz durch das Brett hindurchgehen zu lassen (s. Heberbarometer Fig. 2.), indem man alsdann Licht von hinten auf die obere Fläche des Quecksilbers fallen lassen und sie dadurch scharfer erkennen kann. Eine elegantere Fassung der Röhre finden wir in Fig. 3. verzeichnet, wo sie aus einem durchbrochenen messingenen Kanal besteht.

Die Gefäßbarometer haben entweder einen getrennten oder einen mit der Röhre verbundenen Behälter; wir haben bisher nur von den erstern gesprochen, obgleich die meisten Zimmerbarometer zur zweiten Gattung ge-

hören. Diese erfordern eine viel größere Geschicklichkeit des Arbeiters, ohne daß sie den geringsten Vorzug vor den anderen besitzen. Bei ihrer Verfertigung kann man zwei Wege einschlagen, nämlich entweder die Röhre krümmen und den Behälter anbringen, ehe man füllt, oder dieses Geschäft erst nach der Füllung vornehmen. Beides hat seine Schwierigkeit. Die Füllung und Auskochung der gekrümmten Röhre scheint indessen der leichtere Weg zu sein.

§. 5. Ablesen des Barometerstandes.

Wenn wir das Quecksilber in einer Barometerröhre betrachten, so finden wir, daß sich seine Säule oben in eine gedrückte Halbkugel endigt; daraus sehen wir, daß dasselbe an den Wänden der Röhre einen Widerstand erleide, welchen es in der Mitte nicht hat, und welcher es nöthigt, dort zurückzubleiben; dieses Zurückgehaltenwerden muß aber verursachen, daß die Säule im Ganzen kürzer wird, als sie ohne Einwirkung eines solchen Hindernisses geworden wäre. Würde nun bei allen Barometern immer diese Erscheinung in gleichem Maße eintreten, so hätte sie keinen Einfluß auf die Vergleichung zweier Instrumente; allein wir finden, wenn wir Barometer von verschiedenen Röhrendicken neben einander hängen, daß die oberen Punkte ihrer Säulen ungleiche Erhöhung über das Quecksilber des Gefäßes angeben. Nur wenn wir alle Röhren von Durchmessern nehmen, welche 9 Pariser Linien und darüber sind, fallen die oben bemerkten Unterschiede hinweg. Bei allen Röhren von geringeren Durchmessern als 9 Pariser Linien zeigen sich die Säulen immer niedriger, je dünner sie sind. Will man daher mit einem solchen dünnen Barometer beobachten, so muß man die Verkürzung wissen, welche es durch den Widerstand der Wände erleidet, und diese alsdann zu der beobachteten Höhe addiren; hierdurch erhält man den Stand eines Instrumentes von so weiter Röhre, daß sie diesen Einfluß der Wände auf den Stand der Flüssigkeit nicht mehr angeben würde. Ein berühmter französischer Gelehrter hat zu diesem Gebrauch folgende Tabelle entworfen:

Tabelle der Verkürzungen, welche die Barometerhöhen zufolge des Einflusses des Röhrenwände erleiden.

Innerer Durchmesser der Röhren		Verkürzung der Höhen	
in Milliméter	in Pariser Linien.	in Milliméter	in Pariser Linien.
2	0,887	4,5599	2,0200
3	1,330	2,9023	1,2857
4	1,773	2,0388	0,9032
5	2,216	1,5055	0,6669
6	2,660	1,1482	0,5087
7	3,103	0,8813	0,3904
8	3,546	0,6851	0,3035
9	3,990	0,5354	0,2372
10	4,433	0,4201	0,1861
11	4,876	0,3506	0,1553
12	5,320	0,2602	0,1153
13	5,763	0,2047	0,0907
14	6,206	0,1597	0,0707
15	6,649	0,1245	0,0552
16	7,092	0,0970	0,0430
17	7,535	0,0754	0,0334
18	7,980	0,0586	0,0260
19	8,423	0,0430	0,0190
20	8,866	0,0352	0,0156

Anwendung dieser Tabelle.

Beispiel. Man hat an einem Barometer von 3,99 Pariser Linien Durchmesser, den Barometerstand von 27" 9''' abgelesen, wie muß er berechnet werden, wenn die Einwirkung der Röhrenwände hinwegfallen soll?

Antwort. In der Linie von 9 Millimeter oder 3,99 Pariser Linien findet man in der Tabelle unter Linien

Die Verkürzung der Säule	0,2372
Hierzu die beobachtete Säule	333,
gibt den verbesserten Barometerstand mit .	333,2372 Linien
oder .	27" 9,2372 Linien.

Aus dem Gesagten wird man nun auch ersehen, daß bei Barometerrohren von kleinerem Durchmesser als 20 Millimeter, oder ungefähr 9 Pariser Linien, es allerdings für ganz genaue Beobachtungen nöthig sei, daß man Röhren von durchaus gleichem Querschnitt nehme, und daß nur bei weiteren Röhren der Einfluß ungleicher Querschnitte hinwegfalle. Vor dem Ablesen hat man das Barometer frei aufzuhängen, damit es eine vollkommen lothrechte Lage annehme, ist dasselbe mit einer Spitze versehen, welche die Gefäßfläche bestimmt, so muß man den Boden des Behälters dergestalt stellen, daß diese Spitze genau die Oberfläche der Flüssigkeit berühre; vorher hat man aber ein Mal stark, und ein zweites Mal schwächer an die Röhre gestoßen, um das Anhängen der Säule an die Röhrenwände zu überwinden.

Nachdem das Quecksilber wiederum vollkommen zur Ruhe gebracht ist, liest man die Zahl der Scale ab, welche unten neben der Spitze steht, und bemerkt sich hierauf ebenfalls diejenige Zahl, welche von einem wagerechten Strich, den man den obersten Punkt der Erhabenheit der Säule berührend gezogen denkt, getroffen wird. Man zieht nun die untere Zahl von der oberen ab, der Unterschied ist der Abstand des obersten Punktes von der Quecksilberfläche des Gefäßes. Um richtig abzulesen, muß man das Auge genau in eine Höhe mit dem obersten Säulenpunkte bringen; man überzeugt sich von dieser Stellung des Auges auf folgende Art: Die Scale des Barometers spiegelt sich in dem Glase der Röhre ab; unter allen sich abspiegelnden Eintheilungsstrichen erscheint aber nur ein einziger und immer ein anderer an der Röhre wagrecht, je nachdem wir uns höher oder tiefer stellen; es ist dieses stets das Bild desjenigen Striches, welcher mit unserem Auge in einer und derselben Höhe liegt. Erblicken wir daher dieses wagerechte Spiegelbild, als gerade den obersten Punkt des Quecksilbers berührend, so wissen wir, daß wir uns in der rechten Stellung befinden, und daß der Strich der Scale, welcher dem Wilde angehört, die Barometerhöhe anzeige.

§. 6. Das Heber-Barometer.

(Hierzu Fig. 2. — 5.)

Die Unbequemlichkeit des Gefäßbarometers, immer eine Verbesserung des Standes wegen des Anhängens des Quecksilbers an die Röhrenwände zu erfordern, und die Unbequemlichkeit, welche es bei dem Transport hat, gab dem Heberbarometer die Entstehung. Das Heberbarometer besteht in einer heberartig gekrümmten, an einem Ende geschlossenen Röhre s. Fig. 2., von ungleichen Armen. Der lange Arm erhält die Länge der gemeinen Barometerrohre, während der kurze nur so viel Quecksilber zu fassen braucht, daß bei dem höchsten Steigen der Säule der langen Röhre die Flüssigkeit nie bis in die Nähe der beide Arme verbindenden Biegung fällt. In dem Heberbarometer steht demnach in beiden Armen eine Quecksilbersäule, und es ist leicht einzusehen, daß die Säule

im längern oben geschlossenen Schenkel eben so stark drücke, wie die Luft, die auf der kurzen oben offenen Röhre lastet, mehr dem Quecksilber in der kurzen Röhre, und daß man also von der langen Säule die kurze abziehen müsse, wenn man den Barometerstand wissen will, welcher den Luftdruck angibt. Hierdurch hat man die große Bequemlichkeit erhalten, mit größter Einfachheit das Berichtigende des Quecksilberstandes im offenen Behälter, und diesen beschwerenden Theil selbst beseitigt zu haben. Die Röhre des Heberbarometers muß wenigstens in denjenigen Theilen, an welchen die Ableseung geschieht, von gleichem Querschnitt sein, damit das Anhängen des Quecksilbers in beiden eine gleiche Erhöhung der Säulenhöhen verursache; denn ist dieses der Fall, so ist die Verkürzung der Säulen in beiden Röhren die nämliche, und es ist gerade so viel, als ob das Glas die Flüssigkeit gar nicht zurückhalte.

In der That, hätten wir in der kurzen Röhre eine Verkürzung der Säule durch das Anhängen des Quecksilbers an die Röhrenwand von $\frac{1}{2}$ Linie, und fände dieselbe Verminderung auch in der langen Röhre Statt, so müßten wir zu den beiden Quecksilberhöhen $\frac{1}{2}$ Linie addiren. Nun ist aber der Barometerstand gleich der Erhöhung des obersten Punktes der langen Säule, über dem obersten Punkte der kurzen; wird also die kurze Säule um eine Linie verlängert, so würde hierdurch die lange um eine Linie verkürzt; wird daher auch diese um eine Linie verlängert, so ist ihre Verlängerung eben so groß wie ihre Verkürzung, beide heben sich also auf und bleiben demnach auf den Barometerstand ohne Einfluß. Der Heberbarometer besitzt hierdurch den weiteren sehr zu schätzenden Vorzug vor dem Gefäßbarometer, daß man auf die Verkürzung der Säule durch Anhängen des Quecksilbers an das Glas keine Rücksicht zu nehmen braucht.

Biegen der Röhre.

Dasselbe geschieht am sichersten über einem Kohlenfeuer, welches man durch einen Gehülfsen stets lebhaft mit dem Blasebalge unterhalten läßt. Die Kohlen sind so gelegt, daß sie eine Gasse bilden. Man nähert nun sorgfältig die Röhre dem Feuer, wobei man wiederum ein Berührtwerden derselben durch die Flamme vermeidet. Während der Erwärmung wird die Röhre stets gedreht, und so nach und nach der Theil, welcher gebogen werden soll, zum Stützen gebracht. Sobald man glaubt, daß nun bald der Zeitpunkt des Weichwerdens des Glases eintritt, so drückt man von beiden Seiten die Röhre nach der Richtung der Biegung, wobei man leicht seitwärts zieht; man fühlt endlich die Röhre dem Drucke nachgeben, und bemerkt das Entstehen der Krümmung; nun muß man vorsichtig die Röhre in der Hitze erhalten, und zugleich mit stetem Drucke die Röhrenenden einander nähern. Man hat sich hier vorzüglich davor in Acht zu nehmen, daß die Röhre an dem zu biegenden Theile nicht erkalte, und daß man nicht zu stark drücke; beides zur Vermeidung des Springens der Röhre, was am leichtesten während des Biegens geschieht; ein zu starker Druck hat außerdem noch den Nachtheil, daß, da das Glas plötzlich ganz weich wird, die beiden Röhrentheile einander zu sehr genähert werden, und dann nicht mehr gleich weit von einander abstehen; was deshalb sehr nachtheilig wird, weil eine Rückbiegung fast immer das Abspringen der Röhre herbeiführt.

Geübtere Barometermacher füllen zuerst die Röhre und biegen sie sodann; auch bedienen sich diese statt des Kohlenfeuers der Glaslampe. Man hat in Frankreich, um das Ausfließen des Quecksilbers aus dem Barometer zu verhindern, die kurze Röhre zugeblasen, und den Zutritt der Luft nur durch eine so kleine Oeffnung gestattet, daß durch sie kein Quecksilber entweichen kann, wenn auch das Barometer umgedreht getragen und auf Reisen mitgenommen wird, wobei

jedoch Stöße vermieden werden müssen s. Fig. 4. Diese Oeffnung muß jedoch sehr fein sein. In Deutschland schließt man, wenn das Heberbarometer transportirt werden soll, dasselbe mit einem an einem Fischbein befindlichen Doppelpfropfer s. Fig. 5., der untere Pfropfer sitzt alsdann, wenn man den langen Schenkel durch Umdrehen sanft mit Flüssigkeit angefüllt hat, auf derselben auf, während der obere einige Zoll weiter oben angebracht ist, und hier gegen die Oeffnung der Röhre einen zweiten Verschluss bildet.

Bei der jetzt beschriebenen Methode des Verschließens geht nach mehrjährigem Gebrauche auf Reisen immer etwas Quecksilber verloren, zudem verschmutzen solche Instrumente leichter, weil sie bei dem gewöhnlichen Gebrauche im Zimmer häufig offen bleiben, während die französische Vorrichtung gegen alle Unreinigkeiten sichert.

Scale.

Das Heberbarometer muß mit zwei Scales versehen sein, die eine befindet sich an der langen, die andere an der kurzen Röhre desselben. Die Scale der kurzen Röhre erhält etwa einen Zoll unter der Oeffnung der letzteren, den Nullpunkt s. Fig. 2. und wird nach unten bis etwa einen Zoll von der Biegung fortgesetzt; die Scale der langen Röhre aber wird zwar auch von diesem Nullpunkt an gezählt, allein nur ein Stück, welches etwa $1\frac{1}{2}$ Fuß von diesem Punkte anfängt, und bis gegen das obere Ende der Röhre geht, ausgeführt.

Ablefen.

Man liest den oberen Stand, hierauf den unteren, und addirt beide Ablefungen zusammen. Die Scale wird bei den besten Barometern auf das Glas der Röhre gerissen, gewöhnlich ist sie aber auf Metall nach früher angegebener Art gegraben.

Mittel zum bequemeren Ablefen.

An der Röhre befinden sich zwei verschiebbare Zeiger s. Fig. 2., welche man Läufer nennt; richtet man sie nach dem Stande des Quecksilbers, so zeigen sie zugleich die Striche der Scale an, an welchen man ablesen muß. Mit diesen Läufern sind oft noch Vergrößerungsgläser verbunden s. Fig. 3., sie sind jedoch entbehrlich. Eine andere Vorrichtung aber, welche man Nonius oder Vernier nennt, und welche dazu dient, die Theile zwischen zwei Strichen der Scale abzuschätzen, s. Fig. 4. ist für den Gewerbsstand entbehrlich. Der Mechaniker ist hinlänglich mit ihr vertraut.

Vorsichtsmaßregeln bei dem Gebrauche.

Die Behandlung des Heberbarometers erfordert, da ein doppeltes Ablefen nöthig ist, einige Übung. Wenn man das Heberbarometer transportiren will, so muß es umgekehrt werden, so daß die Biegung nach oben zu stehen komme; nachdem man die längere Röhre durch leichte Neigung des Instrumentes mit Quecksilber gefüllt, und sodann bei der Einrichtung mit oben ganz offener kurzer Röhre diese geschlossen hat. Hierbei steigt eine Luftblase in die Krümmung der Röhre. Bei der Rückdrehung des Barometers hat man nun sehr darauf zu sehen, daß diese Luftblase nicht in die längere Röhre steige und in den obern Raum gelange; indem sonst das Instrument unbrauchbar würde und von Neuem ausgekocht werden müßte. Auch darf man den Pfropfer nur ganz langsam herausziehen, und der äußern Luft nur nach und nach den Zutritt gestatten; würde man dieses nicht beachten, so hätte man zu gewärtigen, daß das Quecksilber rasch an die obere Wölbung geworfen, und diese hierdurch zertrümmert würde.

§. 7. Einfluß des Thermometerstandes auf die Barometerhöhe.

(Hierzu Fig. 2.)

Wir wissen, daß sich das Quecksilber durch die Wärme ausdehnt, daher sehen wir auch ein, daß bei demselben Luftdruck bei wärmerem Wetter die Barometerhöhe größer sein müsse als bei kälterem. Da wir nun aber nur den Luftdruck wissen wollen, so müssen wir, wenn wir aus zwei zu verschiedenen Zeiten beobachteten Barometerständen die damaligen Luftdrücke zu wissen wünschen, den Einfluß der Wärme in Abrechnung bringen; dies wird geschehen, wenn wir berechnen, wie lang die beiden Quecksilbersäulen gewesen sein würden, wenn wir sie bei gleichem Thermometerstand abgelesen hätten. Man wählt zu dieser Vergleichung den Nullpunkt des Thermometers, und untersucht nun, um wie viel sich die Säule verkürzen würde, wenn bei gleich bleibendem Luftdruck das Thermometer auf 0° gefallen wäre. Aus den Tafeln über die Längenveränderung, welche die Körper durch die Wärme erleiden ersieht, man, daß sich das Quecksilber

durch Erwärmung für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers um $\frac{1}{5412}$ des Raumgehaltes, welchen es bei 0° einnimmt, ausdehnt, und sich also auch wiederum durch das Erkalten um dieselbe Ausdehnung für jeden Grad obigen Thermometers zusammenzieht. Eine Quecksilbersäule, welche bei 0° des hunderttheiligen Thermometers einen Zoll lang wäre, würde durch die Erwärmung bis zu 10° eine Länge von einen Zoll mehr $\frac{10 \text{ mal } 1''}{5412}$ annehmen, und ebenso würde die Säule, welche bei 10° eine Länge von 10 mal $\frac{1}{5412} + 1$ Zoll haben würde, durch das Erkalten bis zu 0°, um die Länge von 10 mal $\frac{1}{5412}$ Zollen verkürzt und also wiederum auf einen Zoll zurückgebracht werden.

Hierdurch hat man nun folgende bequeme Regel für die Vergleichung der Barometerstände für verschiedene Wärmegrade:

Man zieht von der beobachteten Barometerhöhe, wenn man sie bei einer größeren Wärme als 0°, gefunden hat, ihren $\frac{1}{5412}$ Theil so oft mal ab, als das Thermometer Grade angegeben hat; bei einem Thermometerstand unter 0° adire man aber diese Größe, statt abzuziehen.

Beispiel. Man hat einen Barometerstand von 27'' 9''' beobachtet; das hunderttheilige Thermometer zeigte 15°, wie groß ist diese Barometerhöhe für 0°?

Antwort. Beobachtete Barometerhöhe 27'' 9'''
Verkürzung der Säule bei einer Erkältung von

$$15 \text{ bis } 0^\circ = \frac{15}{5412} \text{ mal } 27'' 9''' = \dots \dots \dots \underline{0,923''}$$

Vom dem beobachteten Stand abgezogen, gibt für 0° 27'' 8''' ,077

Aus dem Gesagten ersehen wir, daß wir immer bei Barometerbeobachtungen zugleich das Thermometer gebrauchen müssen. Deshalb hat auch ein jedes gutes Barometer ein mit dem gleichen Quecksilber, mit welchem dasselbe gefüllt würde, gefertigtes Thermometer in seiner Fassung eingelassen s. Fig. 2., so daß man durch dieses stets die Wärme der Säule ablesen, und obige Vergleichsrechnung oder Reduction machen kann.

§. 8. Einfluß der Barometerhöhe auf den Thermometerstand.

Wenn man zu verschiedenen Zeiten Wasser zum Sieden bringt, und ein Thermometer einsetzt, so findet man, daß dasselbe verschiedene Grade angebe. Dies rührt von der Veränderlichkeit des Luftdruckes her; indem das Wasser, um zum Sieden zu gelangen, desto weniger Wärme braucht, je geringer der Druck ist, welcher auf seiner Oberfläche lastet. Bei Bestimmung des Siedpunktes des Thermometers muß man also auf diesen Luftdruck Rücksicht nehmen. Man hat hierzu folgende durch die Erfahrung gegebene Regel für Orte, welche nicht über 1200 Pariser Fuß über der Meeresfläche *) liegen: Wenn das Barometer nicht über 30 Pariser Zoll und nicht unter 26 steht, so ist der Siedpunkt für jeden Zoll über 28, um 1° des hunderttheiligen Thermometers höher, und für jeden Zoll unter 28, um 1° tiefer als bei 28" Barometerstand. Im ersten Fall muß man daher den Abstand zwischen dem Schmelzpunkte des Eises und dem Siedpunkte des Wassers in 101 und für den tieferen Stand in 99 gleiche Theile theilen, um die richtigen Siedpunkte des Thermometers für einen Barometerstand von 28 Zoll zu erhalten.

Hätte man nun ein Reaumur'sches Thermometer zu verfertigen, so könnte man den Siedpunkt auf obige Weise bestimmen und alsdann die Eintheilung in 80 statt in 100 gleiche Theile vornehmen. Allein hierbei müßte man zweimal eintheilen, es ist daher bequemer, das Stück zu berechnen, welches man von dem beobachteten Siedpunkte abwärts oder aufwärts tragen muß, um denjenigen für 28" Barometerhöhe zu finden. Dies kann aber auf folgendem Wege geschehen. Ist die Beobachtung bei einem Barometerstande von mehr als 28" geschehen, so ist das Stück, welches man von dem erhaltenen Siedpunkt abwärts tragen muß, um denjenigen bei 28" Grad zu erhalten, gleich dem ganzen beobachteten Abstand der festen Punkte durch 100 mehr so vielen Einheiten dividirt, als Zolle über 28 sind; bei einem tieferen Stande als 28" wird dieser Werth addirt.

Beispiel. Man hat 27" Barometerstand, und findet den Siedpunkt 6 Zolle von dem Schmelzpunkt des Eises entfernt, wie weit muß man ihn hinaufrücken, um ihn für 28" Barometerhöhe zu bestimmen?

Antwort. Der ganze beobachtete Abstand ist 6"

Derselbe wird getheilt in 99 gleiche Theile,

ein solcher Theil ist also $\frac{6}{99}$ Zoll = $\frac{2}{33}$

und dieser muß nun aufwärts getragen werden.

Dies kann unmittelbar oder dadurch geschehen, daß man die ganze Länge $6'' + \frac{6}{99}$ vom Nullpunkt an nimmt. Hat man den ganzen Abstand bestimmt, so wird er nun nach Belieben in 100 oder 80 gleiche Theile getheilt.

§. 9. Prüfung des Barometers.

Die erste Bedingung des guten Barometers ist Luftleere im oberen Raum; man erforscht sie, indem man das Quecksilber durch Neigung der Röhre an die

*) Je weiter wir in die Höhe steigen, desto geringer drückt die Luft auf uns, desto mehr muß daher auch das Barometer fallen. Hieraus hat man, nachdem man das Verhältniß erforscht hatte, in welchem der Unterschied der Barometerstände, zu dem Unterschiede der Erhöhungen über der Meeresfläche steht, ein Mittel gefunden, den Unterschied dieser Höhen selbst zu messen.

obere Wölbung schlagen läßt, wobei sich ein scharfer Metallschlag vernehmen lassen muß. Erfolgt dieser nicht, so ist der obere Raum nicht leer. Das Quecksilber muß vollkommen blank sein, sich vollkommen leicht an den Röhrenwänden, wenn man sie neigt, bewegen; hat man mit den schon bekannten Vorichtsmaße Regeln eine Beobachtung gemacht, so muß, wenn man die Säule sogleich in Schwankungen bringt, das Quecksilber wiederum die alte Stelle einnehmen, so daß das erneute Ablesen ein dem vorhergehenden gleiches Resultat gibt.

Die beste Probe bleibt jedoch immer die Vergleichung mit einem schon als vorzüglich anerkannten Heberbarometer.

§. 10. Anwendungen des Barometers bei dem Gewerbswesen.

Alle Gewerbe, auf deren Betrieb Veränderungen im Druck der Luft bedeutenden Einfluß haben, müssen, wenn sie nicht dem Zufalle überlassen bleiben sollen, das Barometer zu Rathe ziehen. Wo wir das Thermometer zu genaueren Beobachtungen benutzen, müssen wir gleichzeitig das Barometer anwenden. Wir haben in dem Artikel »Thermometer« gesehen, daß durch Grönings Tabelle das Thermometer zur Bestimmung des Alkoholgehaltes der Dämpfe sowohl, wie des Rückstandes bei der Branntweinhrennerei höchst vorthellhaft benutzt werden könne; aber diese Tabelle ist nur brauchbar, wenn der Druck der Luft, welcher, wie gezeigt worden ist, den Siedpunkt der Flüssigkeiten durch seine Veränderungen verrückt, während der Beobachtungen nahe zu derselben geblieben ist. Es muß sich daher der Barometerstand während dieser Zeit nur wenig geändert haben; und man muß sich hiervon überzeugen. Ueberhaupt, wo man destillirt, abdampft, verdunsten läßt, kann man sich nur durch gleichzeitige Beobachtung von Barometer und Thermometer über den Gang der Arbeit genau belehren. — Will man vollends Versuche anstellen, so würde man ohne Barometer nur äußerst unzuverlässig verfahren. Handelt es sich zum Beispiel um die Vergleichung zweier Abdampf- oder Verdunstungsmethoden, so würde man, wenn man beide zu verschiedenen Zeiten anstellte, einen verschiedenen Luftdruck zu besiegen haben; die bessere Methode würde alsdann vielleicht ein schlechteres Resultat geben, weil sie einen viel größern Luftdruck zu überwinden haben könnte, als die schlechtere, bei der eine sehr günstige Verringerung dieses Druckes Statt gefunden hätte.

Nur durch das Barometer wird man also hier Irrschlüsse vermeiden können; indem man die Vergleichungsarbeit nur bei wenig verschiedenen Luftdrücken vornimmt. Bei dem Thermometer haben wir gesehen, daß dasselbe nothwendig zur Beurtheilung der Leistung eines Gebläses befragt werden müsse; aber man darf dabei auch das Barometer nicht unberücksichtigt lassen. Finden wir bei gleichem Thermometerstand das Barometer auf verschiedenen Höhen, so schließen wir, daß die Luft bei höherem Stande dichter sei als bei tieferem, wir werden daher bei ersterem durch dasselbe Gebläse, und in gleicher Zeit, dem Feuer mehr Nahrung zuführen als bei letzterem, indem wir in der gleichen Menge Luft mehr Sauerstoffluft zusammengedrängt haben. Bei Vergleichenungen müssen wir daher die gelieferte Luft immer so berechnen, daß wir erfahren, wie viel sie von solcher Luft ausmache, welche bei einem Barometerstande von 28" durch das Gebläse ausgeblasen sein würde; wenn der Thermometerstand gleich geblieben wäre. Diese Berechnung geschieht auf folgende Art. Je dichter die Luft wird, desto mehr drückt sie, und desto mehr steigt das Barometer, und zwar vergrößert sich die Barometerhöhe so viel mal als die Dichtigkeit. Man sagt daher: Die Dichtigkeit der Luft bei 28" ist so viel mal größer als diejenige bei 27", als 27"

in 28" enthalten sind; also $\frac{28}{27}$ mal. Je dichter aber die Luft wird, in einen desto kleineren Raum wird sie zusammengedrückt, und zwar in einen so viel mal kleineren Raum als sie dichter wird.

Ist sie also $\frac{28}{27}$ mal dichter geworden, so nimmt sie auch einen $\frac{28}{27}$ mal kleinern Raum als vorher ein, und man muß daher die bei 27" gemessene Luftmenge durch $\frac{28}{27}$ dividiren, d. h. $\frac{27}{28}$ mal nehmen, um sie für 28" zu berechnen.

Beispiel. Wie viel machen 1000 Cubikfuß Luft, welche bei 27" Barometerstand geliefert wurden, in Luft ausgedrückt, welche eine Barometerhöhe von 28 Zoll hervorbringt?

Antwort. Die Dichtigkeit der Luft bei 27" ist kleiner als bei 28", um $\frac{27}{28}$ mal. Die 1000 Cubikfuß bei 27" geben also nur bei 28", $\frac{27}{28}$ mal 1000 = 964 Cubikfuß, aber diese 964 Cubikfuß wirken so viel wie jene 1000, und das Gebläse wird also, wenn es bei 28" 964 Cubikfuß geliefert hat, schon so viel geleistet haben, als bei einem Stande von 27", nach einer Lieferung von 1000 Cubikfüßen.

§. 11. Kugel-Barometer.

(Hierzu Fig. 6.)

Das Experiment von Torricelli gab die Veranlassung zur Verfertigung der Barometer oder Luftscheremesser. Man beobachtete nämlich, daß das Quecksilber in der Glasröhre a d nicht immer auf derselben Höhe b c stehen blieb, sondern an einem Tage stieg, an dem andern wieder herabfiel. Hieraus folgt offenbar, daß der Druck der Luft nicht immer derselbe sei, sondern daß er zu- und abnehme. Man mißt die Größe dieses Druckes mit dem Barometer, dessen Construction gewöhnlich wie Fig. 6. ist; er besteht nämlich aus einer umgebogenen, bei a geschlossenen Glasröhre, die unten mit einer offenen Kugel versehen ist, und mit Quecksilber gefüllt wird. Dieses Barometer hat den Namen Kugelbarometer. Die Scale, welche hierbei angebracht ist, und zum Ablesen der täglichen Quecksilberhöhe dient, hat den Nullpunkt bei e an der Oberfläche des Quecksilbers in der Kugel, von wo aus die Theilung in Zolle und Linien vertikal hinaufgetragen wird. Es ist offenbar, daß hier ein kleiner Fehler eintreten kann, indem die Höhe des Quecksilbers in der Kugel veränderlich ist. Um den Einfluß hiervon zu berechnen, sei die Querschnittsfläche der Kugel bei e = F, jene der Röhre = f, das Steigen des Quecksilbers in der Kugel = y und das Fallen desselben in der Röhre = a, so haben wir die Gleichung $F \cdot y = f \cdot a$, weil dasselbe Quecksilber, welches in der Röhre herabfällt, in der Kugel wieder hinaufsteigen muß. Demnach ist $y = \frac{f \cdot a}{F}$.

Beispiel. Es sei $F = 1$ Quadratzoll, und $f = 1$ Quadratlinie; die Höhe des Barometerstandes betrage 28 Zoll = ec, so ist für den Fall, als das Quecksilber um $a = cb = 3$ Linien fällt, die wirkliche Barometerhöhe = $28'' - \left(3''' + \frac{3'''}{144}\right) = 28'' - \left(3''' + \frac{1'''}{48}\right)$. Wir sehen hieraus, daß wenn der Durchmesser der Kugel gegen jenen der Röhre sehr groß ist, dieser Fehler für den gewöhnlichen Gebrauch außer Acht gelassen werden kann.

§. 12. Verfertigung der Barometer.

Bei der Verfertigung der Barometer hat man zu bemerken, daß die Stärke (Wanddicke) der Quecksilberöhre nicht mehr als $\frac{1}{2}$, höchstens $\frac{3}{4}$ Linie betragen und der innere Durchmesser der Röhre nicht unter 1,5 Linien sein dürfe, indem bei einer dicken Röhre das Auskochen des Quecksilbers erschwert, bei einer engern aber die Beweglichkeit dieser Flüssigkeit verhindert wird. Die Röhre erhält jedoch gewöhnlich auch nicht über 2,5 bis 3 Linien Weite, weil sonst die Masse des Quecksilbers zu sehr vermehrt würde. Die Glasröhre muß zuerst gut ausgetrocknet und von Staub und Schmutz gereinigt werden, welches am besten noch vor dem Zuschmelzen des obern Endes der Röhre geschieht. Bei dem Zuschmelzen hat man zu sehen, daß sich die Röhre oben in keine Spitze, sondern in eine runde Wölbung endigt; bei einem Heber-Barometer muß auch noch die Röhre in einer gleichförmigen Krümmung umgebogen werden.

Das Quecksilber muß von Schmutz und Feuchtigkeit gereinigt sein, zu welchem Behufe man es mehrere Male durch seine Papiertrichterchen durchlaufen läßt, bis es am Papiere keine Unreinigkeit mehr zurückläßt. Die Röhre wird nun theilweise hiermit gefüllt und über Kohlenfeuer bei einer Neigung von beiläufig 30 bis 45 Grad gut ausgekocht. Hierbei muß die Röhre in der ganzen Länge vom geschlossenen Ende an nach und nach über Kohlenfeuer gebracht, und das Auskochen bei starkem Sieden des Quecksilbers 6 bis 8 Mal vorgenommen werden, bis alle Luft aus demselben entwichen ist und dasselbe nach seinem Erkalten mit einer hellglänzenden Metallfläche am Glase erscheint. Ist das Barometer auf diese Art verfertigt, so wird die Scale aufgetragen; dies geschieht bei sehr genauen Instrumenten am Glase selbst, bei andern auf einem Papierstreifen, der auf dem hölzernen Brette, woran das Barometer gewöhnlich festgemacht ist, angeklebt wird.

§. 13. Mariottesches Gesetz über die Ausdehnung der Luft.

(Hierzu Fig. 7.)

Ueber die Fähigkeit der Luft, sich in einen kleinern Raum zusammenzudrücken zu lassen, hat Mariotte in Frankreich im Jahre 1676 genaue Versuche angestellt. Er nahm eine krummgebogene Röhre, deren kürzerer oben zugeschmolzener Schenkel durchaus einen gleichen Durchmesser hatte. In diese wurde durch den zweiten offenen Schenkel Quecksilber gefüllt, und durch wiederholtes Umlegen der Röhre so viel Luft aus dem kürzern Schenkel herausgelassen, bis das Quecksilber in beiden Röhren auf einer gleichen Höhe g und n stand. (Gewöhnlich wird bei solchen Versuchen etwas mehr Luft herausgelassen, so daß das Quecksilber im offenen Schenkel niedriger steht, und dann erst wird von außen das Quecksilber tropfenweise zugefüllt, bis die Höhe gleich ist. Man ist hierdurch versichert, daß die im kürzern Schenkel eingeschlossene Luft mit der äußern atmosphärischen einen ganz gleichen Druck erfährt). Mariotte goß nun abermals Quecksilber in den höhern Schenkel der Röhre, and zwar so viel, bis die Höhe o des Quecksilbers in der offenen Röhre über der geschlossenen genau so groß war, als welche das Barometer zu gleicher Zeit in demselben Zimmer zeigte. Daraus schloß er, daß die eingeschlossene Luft nun doppelt so stark als vorhin zusammengedrückt sein müsse, weil im ersten Falle, wo die Höhe des Quecksilbers in beiden Schenkeln der Röhre gleich war, die eingeschlossene Luft eben so stark als die äußere, demnach mit der Barometerhöhe h gedrückt war; im zweiten Falle aber, wie das Quecksilber in der offenen Röhre um h Zoll $= o p$ höher stand, die verschlossene Luft von $h + h = 2h$ zusammengedrückt sein mußte.

Nun wurde der Raum der eingeschlossenen Luft gemessen und gefunden, daß er halb so groß als im ersten Falle war, oder daß $dm = \frac{m n}{2}$ war. Mariotte goß nun abermals Quecksilber in den längern Schenkel zu, bis die drückende Säule $uw = 2h$ Zoll betragen hatte, folglich der Druck auf die innere Luft $= 3h$ war. Der Raum der eingeschlossenen Luft betrug hierbei nur den 3ten Theil des ersten Raumes, oder es war $em = \frac{m n}{3}$. Auf gleiche Weise fand man, daß die Luft bei einem vierfachen Drucke nur den vierten Theil, bei einem fünf-fachen Drucke den fünften Theil des ursprünglichen Raumes einnimmt. Die Räume der Luft verhalten sich daher verkehrt wie die Druckhöhen, und da die Druckhöhen den Barometerständen gleich sind, so verhalten sich auch die Räume der Luft verkehrt wie die Barometerhöhen.

Dieser Satz, welcher unter dem Namen des Mariotte'schen Gesetzes bekannt ist, wurde früher nur auf einen Druck von 6 bis 8 Atmosphären oder 6.28 bis 8.28 Zoll erwiesen. Bouguer erzählt in seiner Reise nach den Cordilleren, daß er diesen Druck zwar nicht auf größere Höhen, doch auf kleinere durch Verdünnung der Luft fortgesetzt und gefunden habe, daß das Mariotte'sche Gesetz bis zur 300 Mal verdünnten Luft vollkommen stattfindet. Im Jahre 1823 wurde die Akademie der Wissenschaften zu Paris von dem dortigen Ministerium aufgefordert, möglichst genaue Versuche über die Elasticität (Expansiv-Kraft) der Wasserdämpfe bei verschiedenen Temperaturen anzustellen. Die Kommission, welche hierzu ernannt wurde, bestand aus den Herren de Prony, Arago, Ampère, Girard und Dulong, und beschäftigte sich nicht bloß mit der obengenannten Aufgabe, sondern stellte auch Versuche über das Mariotte'sche Gesetz an. Die Quecksilbersäule, welche man hierbei zum unmittelbaren Drucke der Luft anwendete, und die in Glasröhren gemessen wurde, ging bis zur Höhe von 27 Atmosphären, oder $27 \cdot 0,76^m = 20,52 \text{ mètr} = 10,82 \text{ N. D. Klafter}$. Das Resultat war die vollkommene Bestätigung des Mariotte'schen Gesetzes selbst bis zu dem versuchten sehr bedeutenden Drucke. Der Bericht der genannten Kommission befindet sich in dem Journal du génie civil, 19^{me} Livraison 1830.

Nach den Versuchen der neuern Chemiker findet das Mariotte'sche Gesetz nicht bloß bei der atmosphärischen Luft, sondern auch bei den übrigen Gasarten Statt. Ob aber nicht wenigstens einige Gasarten bei sehr großen Druckhöhen aus dem luftförmigen Zustande in den tropfbar flüssigen übergehen, ist noch nicht hinreichend dargethan, dürfte jedoch kaum zu bezweifeln sein, in welchem Falle dann auch das Mariotte'sche Gesetz aufhört, sowie die Körper tropfbar flüssig werden.

§. 14. Ausdehnung der Luft durch die Wärme.

(Hierzu Fig. 8.)

Die Luft hat nebst den bisher angeführten Eigenschaften ihrer Schwere und Zusammendrückbarkeit, noch eine dritte Eigenschaft im vorzüglichsten Grade; sie dehnt sich nämlich durch die Wärme aus, und zieht sich in der Kälte zusammen. Man überzeugt sich von dieser Eigenschaft, wenn man eine nicht ganz mit Luft gefüllte Blase über glühende Kohlen hält; dieselbe nimmt in diesem Falle an ihrem Volumen immer mehr und mehr zu, und zerspringt, wenn die Hitze noch mehr erhöht wird. Um diese Ausdehnung der Luft durch

die Wärme, und Zusammengziehung durch die Kälte deutlicher beurtheilen und zugleich messen zu können, bedient man sich abermals einer krummgebogenen Röhre, in welche so viel Quecksilber gegossen wird, bis es im eiskalten Wasser in beiden Schenkeln gleich hoch, nämlich in der Linie NO steht. Die Luft, welche in dem Raume AO enthalten ist, ist daher genau so stark als die äußere atmosphärische gedrückt, und es muß auch die in A O befindliche Luft die Temperatur des gefrierenden Wassers haben. Bringt man nun die Röhre in siedendes Wasser, so dehnt sich die Luft aus dem Raume AO in jenen AM aus, wobei jedoch so viel Quecksilber aus dem andern Schenkel herausgenommen werden muß, bis es in P und M gleich hoch steht, demnach die in AM befindliche Luft wieder eben so stark, als die äußere atmosphärische gedrückt ist. Da das Herausnehmen des Quecksilbers beschwerlich ist, so bemerkt man gewöhnlich, um wie viel das Quecksilber in dem offenen Rohre höher als in dem geschlossenen steht, und sucht dann den Raum, welchen die Luft bei gleich hohen Quecksilbersäulen einnehmen würde, aus der Proportion nach dem Mariotte'schen Gesetze. Bezeichnen nämlich m und R die Punkte, wo das Quecksilber stehen bleibt, so verhält sich die Barometerhöhe h (zur Zeit der Beobachtung) zu $h + pR$, eben so wie der Raum Am zum Raume AM, oder $h : h + pR = Am : AM$, woraus $AM = \left(\frac{h + pR}{h}\right) Am$ folgt. Der ganze Versuch läßt sich auch noch mit einer genau eingetheilten, sehr dünnen, horizontal liegenden Röhre machen.

Man hat auf diese Art gefunden, daß sich die atmosphärische Luft und alle andern Gasarten (wenn sie im trockenen Zustande versucht werden) von der Temperatur des gefrierenden bis zur Temperatur des siedenden Wassers um drei Theil ihres Volumens ausdehnen. Wird nämlich der Raum $AO = 1,000$ gesetzt, und ist die Röhre von A bis M durchaus gleich dick, so findet man $OM = 0,375 = \frac{3}{8}$.

§. 15. Construction der Thermometer.

(Hierzu Fig. 9 bis 12.)

Um die Wärme zu messen, setzt man die Intensität derselben der Ausdehnung der Körper proportional. Die hierzu erforderlichen Instrumente heißen Thermometer. Sollen sie die Wärme vollkommen genau messen, so müssen sie vom absoluten Nullpunkte oder der Abwesenheit aller Wärme ausgehen und die Grade ihrer Skalen die Zunahme der Wärme anzeigen. Da jedoch die Bestimmung des absoluten Nullpunktes zu großen Schwierigkeiten unterliegt, so hat man für die Thermometer andere willkürliche fixe (feste) Punkte nach Übereinkunft angenommen. Dies ist die Temperatur des siedenden und gefrierenden Wassers. Man hat nämlich beobachtet, daß die Temperatur des reinen Wassers, so lange Eis oder Schnee darin schmilzt, immer dieselbe bleibt, es mag sich viel oder wenig Schnee oder Eis darin befinden. Andere Beobachtungen haben gezeigt, daß das Wasser dieselbe Wärme (Siedhize) behält, so lange als sich Dämpfe hieraus entwickeln, es mag übrigens stark oder schwach kochen, man mag das Feuer unter dem Gefäß wie immer vermehren. Auf dies Kochen selbst hat nur die Höhe des Ortes oder der Barometerstand einen Einfluß, auf hohen Bergen kocht nämlich das Wasser früher als in tiefen Thälern. Für genaue Bestimmungen muß übrigens das Wasser in metallenen Gefäßen zum Kochen gebracht werden. Man sieht hieraus, daß der Gefrier- und Siedepunkt des Wassers allerdings verlässliche Anhaltspunkte zur Construction der Skale eines jeden Thermometers darbieten.

Thermometer.

2

Es gibt verschiedene Sattungen Thermometer. Das älteste derselben oder das Luftthermometer wird erhalten, wenn bei einem Kugelbarometer die Oeffnung A zugeschmolzen, und nun die Kugel zuerst in eiskaltes und dann in siedendes Wasser gebracht wird, in beiden Fällen aber die Höhen des Quecksilbers h und h' an der Skale bemerkt werden. Der Abstand hh' wird nunmehr in gleiche Theile oder Grade getheilt. Die Zahl der angeschriebenen Grade, bei welchen das Quecksilber stehen bleibt, zeigt die Temperatur der Luft an; ist aber das Instrument in eine andere Flüssigkeit eingetaucht, so wird auf gleiche Art die Temperatur dieser Flüssigkeit angezeigt. Um die einzelnen Grade größer zu erhalten, muß die Kugel groß und die Röhre hh' von sehr kleinem Durchmesser sein.

Thermometer können aus allen Flüssigkeiten verfertigt werden, jedoch sind jene vorzuziehen, bei welchen der Zwischenraum vom Erstarren bis zum Verdampfen möglichst groß ist. Diese Eigenschaft besitzt vorzüglich das Quecksilber, weil es bei einer sehr niedrigen Temperatur gefriert, und dagegen eine sehr hohe Temperatur zu seiner Verdampfung erfordert wird, überdies sind auch in dem Zwischenraume dieser zwei Punkte die Thermometergrade der Aenderung der Temperatur beinahe proportional.

Die Skalen der Thermometer werden nach den Vorschlägen dreier Physiker eingetheilt: 1) Reaumur, und nach ihm die ältern Franzosen theilen den Raum vom Gefrier- bis zum Siedepunkte in achtzig gleiche Theile ein, und heißen einen solchen Theil einen Grad. Sie schreiben zu dem Gefrierpunkte 0, zu dem Siedepunkte 80.; 2) Fahrenheit, und nach ihm alle Engländer theilen noch gegenwärtig die Skale vom Gefrier- bis zum Siedepunkte in 180 Theile, allein sie setzen zu dem Gefrierpunkte nicht 0, sondern 32 Grad, und zu dem Siedepunkte 212 Grade. Der Nullpunkt zeigt eine weit größere, durch eine Mischung von Salmiak und Schnee künstlich erzeugte Kälte an; 3) Celsius in Schweden, und nach ihm die neuern Franzosen theilen den Raum vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte in 100 Theile oder Centesimalgrade ein.

Die Vergleichung der Thermometergrade unter einander kann nun ohne Anstand geschehen. Nennen wir die Anzahl Grade nach Reaumur $= R$, und die ihr entsprechenden Grade nach Celsius $= C$, und nach Fahrenheit $= F$, so haben wir zur Vergleichung der Reaumur'schen Grade mit jenen von Celsius die Proportion $R : C = 80 : 100$, also $100 R = 80 C$ oder $5 R = 4 C$. Auf gleiche Art erhält man $R : F - 32 = 80 : 180$, demnach $180 R = 80 (F - 32)$ oder $9 R = 4 (F - 32)$, endlich $180 C = 100 (F - 32)$ oder $9 C = 5 (F - 32)$.

Beispiel. 20 Grad nach Reaumur betragen daher $\frac{5 \cdot 20}{4} = 25$ Grad Celsius, und $\frac{9}{4} \cdot 10 + 32 = 77$ Grad Fahrenheit u. s. w.

Zur Verfertigung der Quecksilber-Thermometer bedient man sich einer gläsernen, engen Röhre, deren innerer Durchmesser möglichst gleich ist. Die Länge der Röhre richtet sich nach der Größe der Kugel; ist diese groß, so wird sich das darin befindliche Quecksilber in einen größeren Raum ausdehnen, es muß demnach auch eine längere Röhre mit der Kugel verbunden werden und umgekehrt. Es leuchtet von selbst ein, daß kleine Veränderungen der Wärme an der Ausdehnung des Quecksilbers desto deutlicher wahrgenommen werden, je größer die Kugel, und je länger daher die Ausdehnung des Quecksilbers im Röhre ist. Nennen wir nämlich den Durchmesser der Kugel im Lichten $= D$,

so ist der kubische Inhalt des hierin enthaltenen Quecksilbers $= \frac{11}{14} D^3 \cdot \frac{2}{3}$
 $D = \frac{11}{21} D^3$. Dieses Quecksilber wird durch die Wärme vom Gefrier- bis zum Siedpunkte um den m^{ten} Theil seines Inhaltes ausgedehnt, und steigt in dem Rohre, dessen Querschnittsfläche $\frac{11}{14} d^2$ beträgt, auf die Höhe x ; wir

haben daher $m \cdot \frac{11}{21} D^3 = \frac{11}{14} d^2 \cdot x$, woraus $x = \frac{2m \cdot D^3}{3 d^2}$. Wir sehen

hieraus, daß die Ausdehnung x des Quecksilbers in der Röhre viel beträgt, wenn der Durchmesser D der Kugel groß, und jener d der Röhre klein wird. Inzwischen haben große Quecksilberkugeln den Nachtheil, daß sie die Temperaturen nur langsamer anzeigen, indem eine kleinere Kugel weit schneller von der Wärme durchdrungen wird, als eine größere.

Das Rohr des Thermometers muß durchaus einen gleichen Durchmesser haben, weil man den Raum zwischen dem Gefrier- und Siedpunkte in gleiche Theile theilt, und dabei voraussetzt, daß die Ausdehnung des Quecksilbers durch- aus der Wärme proportional sei, demnach auch die Räume für gleiche Wärme- grade einander gleich sein müssen. Man prüft die gleiche Stärke der Röhre, bevor man noch die Kugel anschmelzt, indem man einige Tropfen Quecksilber hineinbringt und nachsieht, ob dasselbe an allen Orten, wohin diese Tropfen gebracht werden, eine gleiche Länge einnimmt. Ist dies der Fall, so muß auch das Rohr einen durchaus gleichen Durchmesser haben.

Hat man nun eine gleichförmige Röhre gefunden, so wird das Ende derselben mittelst der Stichflamme eines Löthrohres glühend heiß gemacht, und ein Stück von einer andern hohlen Röhre angeschmolzen. Das letztere wird wieder glühendheiß gemacht und mittelst einer an das andere Ende gebundenen, mit Luft gefüllten Blase aufgeblasen und so die Kugel gebildet.

Das Quecksilber, dessen man sich zur Füllung der Thermometer bedient, muß möglichst rein sein, zu welchem Behufe man es durch einen papiernen Trichter mit einer sehr kleinen Oeffnung laufen läßt. Da das Quecksilber durch die dünne Thermometerrohre nicht eingeschüttet werden kann, so wird die Kugel auf einem Kohlenfeuer sehr stark erwärmt, wodurch sich die darin befindliche Luft ausdehnt, und ein Theil hiervon aus der Röhre entweicht. Man stürzt nun, so lange die Kugel noch heiß ist, das offene Ende der Röhre in eine Schale mit Quecksilber und läßt sie darin auskühlen. Die ausgedehnte Luft zieht sich nach und nach wieder zusammen, und es drückt die äußere atmosphärische Luft das Quecksilber in die Röhre hinein, so daß ein Theil des Quecksilbers schon bis in die Kugel gelangt. Nun wird die Röhre mit der Kugel aufgestellt, damit das Quecksilber sich am Boden der Kugel sammle, in dieser Stellung die Kugel abermals erhitzt, und sodann wieder am andern Ende in das mit Quecksilber gefüllte Gefäß gebracht. Es dringt nun abermals ein Theil Quecksilber hinein, und diese Operation wird so oft wiederholt, bis die Röhre voll ist.

Da auch der Barometerstand auf die Höhe des Quecksilbers in einer offenen Röhre Einfluß hat, so pflegt man den obern Theil der Röhre luftleer zu machen. Zu diesem Behufe wird das obere Ende der Röhre über der Stichflamme bis zu einem Haarröhrchen ausgezogen, der obere Theil in der Gegend des Haarröhrchens abgebrochen, und sodann die Kugel des Thermometers noch über die Temperatur der Siedhitze und zwar so weit erwärmt, bis das Queck-

silber anfängt in das Haarröhrchen einzubringen, in welchem Augenblicke es zugeschmolzen wird. Da die Quecksilberdämpfe der Gesundheit sehr nachtheilig sind, so muß man sich hüten, daß nicht ein Theil des Quecksilbers im Zuschmelzen verdampfe. Beim Erkalten zieht sich das Quecksilber wieder zusammen, und man erfährt, ob es luftleer ist, indem man es umstürzt.

Die Skale bei dem nunmehr verfertigten Thermometer bestimmt man durch den Gefrier- und Siedepunkt. Man nimmt nämlich ein Gefäß mit kaltem Wasser, und legt ein Stück Eis oder Schnee hinein, steckt die Kugel des Thermometers in dasselbe, und bemerkt den Punkt, wo das Quecksilber stehen bleibt, durch Umwindung eines feinen Fadens. Hierauf wird das Instrument in siedendes Wasser gebracht, der Punkt auf gleiche Art an der Röhre bemerkt, und auch die Barometerhöhe notirt, welche hierbei Statt hat. Man hat darauf zu sehen, daß diese Operation bei einem gleichen Barometerstande vorgenommen werde, wozu man in Frankreich 0,76 met., in England 29 Zoll engl. und in Deutschland 28 pariser Zoll annimmt. Den Raum vom Gefrier- bis zum Siedepunkte theilt man in die betreffende Anzahl Grade, und hat auf diese Art das Instrument verfertigt.

§. 16. Apparat zur Messung der Ausdehnung fester Körper durch die Wärme.

(Hierzu Fig. 13 und 14.)

Alle festen Körper dehnen sich mehr oder weniger durch die Wärme aus, wie wir aus sehr vielen Erfahrungen wissen. Wird eine cylindrische Metallstange, welche genau in einen Ring paßt, einige Zeit über Kohlenfeuer gehalten, so findet man, daß sie in diesen Ring nicht mehr gebracht werden kann, und ein größeres Volumen angenommen, demnach sich ausgedehnt habe. Schon die ältesten Physiker haben Versuche über die Ausdehnung der Körper und vorzüglich der Metalle angestellt; die hierzu gebrauchten Apparate waren jedoch nicht mit der Genauigkeit verfertigt, um die Ausdehnung der Körper, welche in vielen Fällen nur sehr wenig beträgt, verläßlich zu bestimmen. Bouguer gab zuerst die Methode an, mit Hülfe eines Fernrohrs, das nach einer eingetheilten entfernt aufgestellten Stange gerichtet wurde, die Ausdehnung der Metalle zu messen. Muschenbroek ließ ein Pyrometer verfertigen, in welchem die Metallstange in ein mit Wasser gefülltes Gefäß (ein Wasserbad) gelegt, dieses Wasser erwärmt und die Ausdehnung der Stange dadurch gemessen wurde, daß sie an einem Ende befestigt war, am andern aber bei eintretender Ausdehnung derselben ein Räderwerk mit einem Zeiger in Bewegung setzte. Dieses Instrument war zwar durch das Räderwerk sehr empfindlich gemacht, allein eben dies Räderwerk hatte den Nachtheil, daß es bei Vermehrung und Verminderung der Wärme nicht auf einen bestimmten Punkt zurückging, sondern bei verschiedenen Graden an der eingetheilten Skale stehen blieb. Um dieses zu vermeiden, hat Smeaton Fühlhebel gebraucht, mit welchen man jedoch die Ausdehnung auch nicht mit hinlänglicher Deutlichkeit messen konnte. Ist nämlich AB eine metallene Stange, welche auf einer unverrückbaren Unterlage CD ruht und am andern Ende den Winkel- oder Fühlhebel BEF berührt, wobei E der Umdrehungspunkt ist, der Punkt F aber den Kreisbogen MN beschreibt, so wird man bei einem sehr bedeutenden Verhältnisse der Hebelarme, z. B. von $1 : 100 = EB : EF$ die Ausdehnung der Stange AB an der eingetheilten Skale gerade 100 Mal größer finden. Wenn man an der Skale nur $\frac{1}{4}$ Linie abliest, so gibt dies eine Ausdehnung von $\frac{1}{400}$ Linie, demnach eine sehr kleine Größe. Soll

jedoch dieser Apparat richtig sein, so muß sowohl die Achse **B** als die Widerlage bei **A** vollkommen unverrückbar gemacht werden, welches aber beinahe unmöglich ist, da die Temperatur der erwärmten Stange **AB** ebenfalls auf diese Punkte einwirkt, und ihre Lage verändert; es handelt sich demnach darum, diesem nachtheiligen Einflusse zu begegnen.

Biot liefert in seinem *Traité de physique*, Bd. I. S. 150, die Beschreibung des Apparates, welcher von Lavoisier und Laplace zur Messung der Ausdehnung fester Körper gebraucht wurde. Bei diesem Apparate bediente man sich wie bei jenem von Bouguer eines Fernrohrs, welches auf eine 100 Toisen entfernte eingetheilte Skale gerichtet war. Der Apparat bestand aus vier von massiven Quadersteinen erbauten Pfeilern **A, B, C, D**, welche doppelt so hoch als breit, und eine Klafter tief in der Erde auf festem Grunde errichtet waren. Zwischen diesen Pfeilern befand sich der Ofen **EF**, auf welchem eine Wanne **GH** aufgesetzt war, die mit Wasser gefüllt wurde. Hierin wurde die zu prüfende Stange **IK** gelegt, welche nach einiger Zeit die Temperatur des Wassers annahm, und sich derselben entsprechend ausdehnte. Bei Wiederholung der Versuche fand man es jedoch zweckmäßiger, die Wanne **GH** aus einem seitwärts angebrachten Kessel mit erwärmtem Wasser von verschiedenen Temperaturen zu füllen. Die zu prüfende Stange wurde an gläsernen Trägern **ab, ab**, die oben an eiserne Querstangen **cd, cd** befestigt, unten aber mit Rollen **b, b**, versehen waren, aufgehangen, damit die Stange mit Leichtigkeit sich auf den Rollen je nach ihrer Ausdehnung verschieben könne. Der gläserne massive Stab **LI** wurde durch eiserne Querstangen **NN, nn** an die massiven Pfeiler **A, B** unverrückbar befestigt und gegen diesen Stab lehnte sich das eine Ende des zu prüfenden Stabes **IK**, welches daher auch als unverrückbar anzusehen ist; es konnte daher nur das zweite Ende **K** der Stange bei erfolgter Ausdehnung derselben verschoben werden. An diesem Ende **K** war abermals eine gläserne Stange **OK** befestigt, welche bei **O** mit der eisernen Stange **QR**, die in ihren Achsen sehr leicht beweglich war, verbunden wurde. So wie nun der Punkt **K** durch die Ausdehnung von **IK** verrückt wurde, drehte sich die Stange **QR**, mittelst derselben der Hebel **RS**, und es wurde durch den letztern das achromatische Fernrohr **T T'** von 6 Fuß Länge bei **T'** gehoben; man konnte daher den beschriebenen Raum an der Skale, welche auf 100 Toisen Entfernung aufgestellt war, genau messen. Zur Vermeidung der Verrückungen wurde die Stange **IK** an die gläsernen Stäbe **LI'** und **OK** mittelst biegsamer Kupferstreifen befestigt.

Bei diesen Versuchen wurde nun zuerst die Wanne mit Wasser gefüllt, und darein so lange Eis gegeben, bis es nicht mehr schmolz, und bis die ganze Masse die Temperatur des Gefrierpunktes angenommen hatte. Hierbei wurde der Punkt der Skale, wohin das Fernrohr wies, bezeichnet und hierauf für jede Temperatur des Wasserbades ebenfalls der Punkt an der Skale notirt. Die Temperatur des Bades wurde mittelst genauer Thermometer gemessen, wobei ein Grad die Länge von beiläufig zwei Linien hatte, demnach auch die Temperatur leicht bis auf $\frac{1}{10}$ Grad bestimmt werden konnte. Die Versuche gingen von 0 bis 100 Grad Centesimal. Aus dem Verhältnisse der Hebel des Apparates und der Entfernung des Fernrohrs von der aufgestellten Skale wurde sodann die wirklich erfolgte Ausdehnung der geprüften Stange **IK** gemessen. Die Genauigkeit dieser Bestimmung ging bis auf $\frac{1}{44}$ Linie. Man fand bei diesen Versuchen 1 ten s: daß alle untersuchten Körper nach erfolgter Ausdehnung vom Gefrier- bis zum Siedepunkte bei der Abkühlung auf den Gefrierpunkt genau wieder auf ihre ursprüngliche Länge zurückkehrten, und 2 ten s: daß die

Ausdehnung dieser Stangen den Graden des Quecksilber-Thermometers genau proportional sei; es dehnten sich nämlich bei einer doppelten, dreifachen Anzahl Grade, die Stangen um das Doppelte, Dreifache aus. Kennt man daher die Ausdehnung für einen Grad Wärme, so findet man dieselbe für jede andere Anzahl Grade t , indem man die erste mit t multiplicirt. Bloß der gehärtete Stahl machte hier eine Ausnahme; er dehnte sich nämlich bei höhern Temperaturen weniger aus, so daß sich seine Ausdehnungsfähigkeit über 81° C. allmählig dem nicht gehärteten Stahle näherte.

Die gefundenen Ausdehnungsgesetze fanden jedoch bei festen Körpern nur so lange statt, als dieselben ihren Aggregats-Zustand nicht ändern, d. h. nicht flüssig werden. Die Aenderungen, welche einige Physiker für die Ausdehnung der festen Körper bei höhern Temperaturen, wobei sie jedoch ihren Aggregats-Zustand noch behielten, gefunden haben, sind zu unbedeutend, und können für den Gebrauch bei unsern mechanischen Berechnungen in jedem Falle außer Acht gelassen, demnach immer die Ausdehnung fester Körper den Temperaturgraden proportional angenommen werden. Hällström fand die Ausdehnung des Eisens $= 0,00000994 t + 0,000000024 t^2 + 0,0000000002 t^3$, wo t die jedesmalige Temperatur des Quecksilberthermometers in Centesimal-Graden bedeutet. Allein zwischen $t = 0$ und $t = 100^{\circ}$ reicht auch hier das erste Glied der Gleichung hin, oder man kann auch $t = 100^{\circ}$ setzen und die aus der Formel erhaltene Ausdehnung ($= 0,001434$) den Temperaturgraden proportional, demnach für 50° mit $0,000717$ annehmen.

§. 17. Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten durch die Wärme.

Die Ausdehnung tropfbar flüssiger Körper beträgt in der Regel mehr, und ist nicht so gleichförmig oder den Temperaturgraden entsprechend, als es bei festen Körpern der Fall ist. Um die Größe der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten zu messen, braucht man verschiedene Apparate, welche gewöhnlich den Thermometern ähnlich sind, und aus einer gläsernen hohlen Kugel bestehen, an die ein sehr genau kalibrirtes Glasrohr angeschmolzen ist. Wird dieses Gefäß mit einer Flüssigkeit gefüllt, und das Volumen derselben nach der Skale an der Röhre für jeden Temperaturgrad des Quecksilber-Thermometers bestimmt, so läßt sich die Größe der Ausdehnung berechnen. Zu diesem Behufe muß jedoch die Ausdehnung des Glases für dieselbe Temperatur vorläufig bekannt sein, um sie mit in Anschlag nehmen zu können. Eine umständliche Beschreibung dieser Versuche findet sich in dem genannten physikalischen Wörterbuche von Gehler. Die Resultate derselben zeigten 1stens, daß die Ausdehnungen der Flüssigkeiten desto mehr betragen, je niedriger ihr Siedepunkt liegt, oder je weniger Wärme dieselben bedürfen, um zu sieden, und dann in gasförmigen Zustand überzugehen; 2tens, daß die Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten zwar immer bei erhöhter Wärme zunehme, jedoch den Temperatur-Graden des Quecksilber-Thermometers nicht genau proportional sei. Die meisten Flüssigkeiten befolgen in dieser Hinsicht eigene Gesetze, welche aus den vorhandenen Erfahrungen erst abgeleitet werden müssen.

Herr J. A. de Luc hat die weitläufigsten Versuche dieser Art angestellt. Er bediente sich thermometerartiger Apparate, wobei der Standpunkt des Quecksilbers und jeder andern Flüssigkeit im siedenden Wasser mit 80, im schmelzenden Schnee aber mit 0 an dem betreffenden Apparate bezeichnet, der Abstand dieser zwei Punkte in 80 gleiche Theile getheilt, und dann die Grade notirt wurden, welche die untersuchten Flüssigkeiten bei jedem vom Quecksilber-Ther-

mometer angezeigten Temperatur-Grade einnahmen. Auf diese Art erhielt er folgende Vergleichung der Stände oder der Ausdehnung der Flüssigkeiten bei gleichen Temperaturen.

Quecksilber: di.	Olivens: di.	Kamill- lendl.	Quenz- beöhl.	Gesät- tigte Salz- söfe.	Alkohol.	1 Theil Alkohol 1 Theil Wasser.	1 Theil Alkohol 3 Theile Wasser.	Wasser.
80	80, ₀	80, ₀	80, ₀	80, ₀	80, ₀	80, ₀	80, ₀	80, ₀
75	74, ₆	74, ₇	74, ₃	74, ₁	73, ₈	73, ₂	71, ₆	71, ₀
70	69, ₆	69, ₅	68, ₈	68, ₄	67, ₈	66, ₇	62, ₉	62, ₀
65	64, ₄	64, ₃	63, ₅	62, ₆	61, ₉	60, ₆	55, ₂	53, ₅
60	59, ₃	59, ₁	58, ₃	57, ₁	56, ₂	54, ₈	47, ₇	45, ₈
55	54, ₂	53, ₉	53, ₃	51, ₇	50, ₇	49, ₁	40, ₆	38, ₅
50	49, ₂	48, ₈	48, ₃	46, ₆	45, ₃	43, ₆	34, ₄	32, ₀
45	44, ₀	43, ₆	43, ₄	41, ₂	40, ₂	38, ₄	28, ₄	26, ₁
40	39, ₂	38, ₆	38, ₄	36, ₃	35, ₁	33, ₃	23, ₀	20, ₅
35	34, ₂	33, ₆	33, ₅	31, ₃	30, ₃	28, ₄	18, ₀	15, ₉
30	29, ₃	28, ₇	28, ₆	26, ₅	25, ₆	23, ₉	13, ₅	11, ₂
25	24, ₃	23, ₈	23, ₈	21, ₉	21, ₀	19, ₄	9, ₄	7, ₃
20	19, ₃	18, ₉	19, ₀	17, ₃	16, ₅	15, ₃	6, ₁	4, ₁
15	14, ₄	14, ₁	14, ₂	12, ₈	12, ₂	11, ₁	3, ₄	1, ₆
10	9, ₅	9, ₃	9, ₄	8, ₄	7, ₉	7, ₁	1, ₄	0, ₂
5	4, ₇	4, ₆	4, ₇	4, ₂	3, ₉	3, ₄	0, ₁	0, ₄
0	0, ₀	0, ₀	0, ₀	0, ₀	0, ₀	0, ₀	0, ₀	0, ₀
— 5	..	..	..	— 4, ₁	— 3, ₉	..	..	..
— 10	..	..	..	— 8, ₀	— 7, ₇	..	..	..

Diese Tabelle gibt uns eigentlich eine Vergleichung des Standes mehrerer Thermometer, die aus verschiedenen Flüssigkeiten verfertigt wurden. Wird nämlich bei allen diesen Flüssigkeiten der Gefrier- und Siedepunkt mit 0 und 80 bezeichnet und der Abstand dieser zwei Punkte an jedem Thermometer für sich in 80 gleiche Abstände getheilt, so werden bei gleichen Temperaturen die Flüssigkeiten auf den in der Tabelle angeführten Höhen stehen,

§. 18. Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme.

Die Kenntniß der Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme ist für uns von großer Wichtigkeit, indem das Quecksilber bei den Thermometern zur Bestimmung der Temperatur, bei den Barometern aber zur Höhenmessung gebraucht wird, und in diesem Falle wegen seiner Ausdehnung durch die Wärme corrigirt werden muß. Man hat die Ausdehnung des Quecksilbers bisher als den besten Maßstab zur Bestimmung der Temperatur angenommen, und nach allen Versuchen ist wirklich die Ausdehnung dieser Flüssigkeit innerhalb des Gefrier- und Siedepunktes beinahe gleichförmig. De Luc fand jedoch, wenn er gleiche Gewichte Wasser, wovon das eine die Temperatur des Gefrierpunktes (32° Fahr.), das andere jene des Siedepunktes (212°) hatte, vermischte, daß die Temperatur der Mischung beinahe 119° betrug, während das arithmetische Mittel dieser Temperatur nur 122° ist. In diesem Falle wurde daher die Temperatur der Mischung durch das Quecksilber-Thermometer niedriger gefunden, als das arithmetische Mittel ausweist.

Da die Luft bei der höchsten und niedrigsten Temperatur unverändert

bleibt, so sind die Luftthermometer, deren man sich zuerst bediente, die einzigen absoluten Wärmemesser. Weil nämlich die Ausdehnung der Luft durch die Wärme eine bloße Folge der Wärme ist, so muß man aus der Ausdehnung derselben auf die vorhandene Wärme genau schließen können. Man kann daher die Ausdehnung der Luft als einziges genaues Maß der Wärme betrachten. Hiermit muß nun die Ausdehnung des Quecksilbers, dessen man sich gewöhnlich zu Thermometern bedient, verglichen werden. Dulong und Petit haben bei verschiedenen Wärmegraden sowohl das Quecksilber- als Luftthermometer beobachtet und folgende Resultate gefunden:

Quecksilber- Thermometer.	Luft- Thermometer.
— 36,29	— 36,48
— 34,72	— 34,84
— 33,31	— 33,40
— 32,27	— 32,13
— 31,63	— 31,54
— 31,26	— 31,04
— 30,46	— 30,59
— 29,68	— 29,64
0	0
+ 100	+ 100
150	148,70
200	197,05
250	245,05
300	292,70
360	350,00

Hieraus ersehen wir, daß die Ausdehnung des Quecksilbers der Ausdehnung der Luft bei höheren Temperaturgraden voreilet, zwischen dem Gefrier- und Siedepunkte aber beide einander proportional sind; wir können daher auch annehmen, daß die Ausdehnung des Quecksilbers innerhalb der beiden festen Punkte des Thermometers der Wärme proportional sei, und daß sonach das Quecksilber sehr zweckmäßig zu einem Thermometer gebraucht werden könne.

Die wirkliche Größe der Ausdehnung des Quecksilbers wurde jedoch von den Physikern verschiedentlich angegeben. Setzt man nämlich das Volumen des Quecksilbers beim Gefrierpunkte des Wassers = 1, so ist dies Volumen bei dem Siedepunkte des Wassers nach Fahrenheit = 1,01610, nach Muschenbroek = 1,014, nach de l'Isle und Lalande = 1,0150, nach de Luc = 1,0185, nach Schuckburg = 1,0182, nach Roy = 1,0170, nach Rosenthal = 1,0171, nach Lüz = 1,0174, nach Herbert = 1,0156, nach Cavendish = 1,01872, nach Dalton = 1,0200, nach Hallström = 1,01758, nach La Place und Lavoisier = 1,0184775, nach den Versuchen der Londoner Societät = 1,0184365, nach Dulong und Petit = 1,01801802. Aus diesen Versuchen folgt die Ausdehnung des Quecksilbers für 1° Cent. zwischen den beiden

festen Punkten des Thermometers nach La Place und Lavoisier = $\frac{1}{5412}$
nach den Versuchen der Londoner Societät = $\frac{1}{5424}$ nach Dulong und Petit

$= \frac{1}{5550}$; nach den letztern aber beträgt die Ausdehnung des Quecksilbers bei 200° Cent. des Luft-Thermometers $= \frac{1}{5425}$ und bei 300° Cent. $= \frac{1}{5300}$ für 1° Cent.

§. 19. Ausdehnung anderer tropfbarer Körper durch die Wärme.

Auf gleiche Art wurde die Ausdehnung mehrer tropfbarer Körper bestimmt. Wird das Volumen derselben bei 0° Cent. = 1,00000 gesetzt, so fand man:

N a m e		Volumen bei 100° C.	Ausdehnung von 0° — 100°.
Aether	nach Dalton	1,07000	$\frac{1}{14}$
Alkohol	" "	1,10000	$\frac{1}{10}$
Fette Oele überhaupt	" "	1,08000	$\frac{1}{2,5}$
Baumöl	Achard	1,12600	$\frac{1}{8}$
"	de Luc	1,15000	$\frac{1}{6,7}$
Leinöl	" "	1,15200	$\frac{1}{6}$
Gesättigte Kochsalzlösung	Dalton.	1,05000	$\frac{1}{20}$
Salpetersäure	" "	1,10000	$\frac{1}{10}$
Salzsäure	" "	1,06000	$\frac{1}{17}$
Schwefelsäure	Achard	1,06000	$\frac{1}{17}$
"	Dalton	1,07580	$\frac{1}{13}$
Terpentinöl	" "	1,07000	$\frac{1}{14}$
Wasser	Hallström	1,04775	$\frac{1}{20,9}$

§. 20. Das Thermometer.

Wenn ein Körper erwärmt wird, so dehnt er sich aus, und zieht sich wiederum bei dem Erkalten zusammen; daher kann man an den Veränderungen seiner Ausdehnung sehen, wenn er wärmer und wenn er kälter geworden ist.

Wärmer oder kälter wird aber ein Körper, wenn er mit einem andern in Berührung kommt, an welchem sich mehr oder weniger Wärme, als an ihm, fühlbar macht; alsdann sucht ein jeder von ihnen so warm zu werden, als der andere, und es wird der kältere erwärmt, der wärmere aber abgekühlt.

Wenn wir also einen Körper, z. B. eine eiserne Stange, haben, und die Luft, welche sie umgibt, wird wärmer, so dehnt sich diese Stange aus, sie wird länger, weil auch sie wärmer werden mußte; wird aber die Luft wieder gerade um so viel abgekühlt, als sie früher erwärmt wurde, so wird sich auch die Stange wiederum genau bis zu ihrer anfänglichen Länge verkürzen; und immer wenn der in der Luft aufgehängte Stab diese Länge hat, werden wir wissen, daß nun auch die Luft wieder gerade so warm wie früher geworden sei.

Aus den verschiedenen Längen der Stange lernen wir also die Veränderungen in der Wärme ihrer Umgebung kennen, diese mag nun Luft oder irgend ein anderer Körper sein, welcher keine besondere zersetzende Einwirkungskraft auf das Eisen besitzt.

Verschiedene Körper werden nun aber durch eine gleich starke Erwärmung in sehr verschiedenem Maße ausgedehnt, so daß der eine schon Wärmeänderung

gen angibt, wenn durch den andern noch nichts merkbar gemacht wird; man wird daher unter ihnen eine zweckmäßige Auswahl treffen müssen.

Es gibt zwei sehr auffallende Erscheinungen in der Natur, welche Jedermann kennt: das Gefrieren und das Sieden oder Kochen des Wassers; auch weiß ein Jeder, daß Wasser durch Wärmeverlust zu Eis wird, und durch Erhitzung zum Sieden kommt; aber nicht so allgemein bekannt ist es, daß wenn wir einen Körper zu den verschiedensten Zeiten in schmelzendes Eis bringen, derselbe immer eine gleiche Länge haben werde, und daß er ebenso bei ungleichzeitigem Einsenken in siedendes Wasser immer eine bestimmte Ausdehnung annehme. Sobald demnach der Körper eine dieser beiden Längen erreicht, so wissen wir, daß das Wasser gefriere, oder daß es koche.

Zwischen der Gefrierkälte und der Siedhize liegt die mittlere Wärme der uns umgebenden Körper, daher ist es vor Allem nöthig, ihre Ausdehnungen innerhalb dieser Grenzen kennen zu lernen; wissen wir alsdann nur von einem einzigen Körper, welche Längen er bei der verschiedenen Wärme seiner Umgebung annimmt, so können wir durch ihn diese bemerken.

Der hierzu passendste Körper ist das Quecksilber, denn es dehnt sich merkbar bei sehr kleinen Wärmeänderungen aus; seine Ausdehnung ist gleichförmig zwischen den oben angeführten Grenzen, und wächst, wie die Ausdehnungen der Luft und der festen Körper, welche derselben Wärme ausgesetzt werden; so daß, wenn sich die Quecksilbersäule z. B. um zwei gleiche Längentheile verlängert, auch die obengenannten Körper eine Verlängerung erleiden, welche doppelt so groß als diejenige ist, die bei einer Zunahme der Quecksilbersäule um einen solchen Längentheil stattfand. Zudem erfordert das Quecksilber eine viel größere Hize, als die des siedenden Wassers, um zu kochen, und eine ausnehmende Kälte, um zu gefrieren, wodurch es also um so mehr zwischen der Siedhize und der Gefrierkälte des Wassers ganz zuverlässig angibt, wann wiederum eine schon früher beobachtete Wärme eingetreten ist. Bringen wir daher in eine mit einer hohlen Kugel versehene enge Glasröhre Quecksilber, treiben die Luft aus und schmelzen alsdann das offene Ende der Röhre zu, senken sie sodann in schmelzendes Eis und bezeichnen den Endpunkt der Quecksilbersäule, bringen hierauf diese Vorrichtung in kochendes Wasser und merken uns auch hierbei den Stand des Quecksilbers, theilen sodann den Zwischenraum zwischen beiden Punkten in eine gewisse Anzahl gleicher Theile, so haben wir einen Wärmemesser oder Thermometer.

Manchem Leser wird das Alles ganz leicht vorkommen, allein wenn es so leicht wäre, hätten wir nicht so viele schlechte Thermometer; für diejenigen, welche Thermometer machen, und für die, welche sie brauchen, mag daher Folgendes nicht unangenehm sein.

§. 21. Ueber Verfertigung der Thermometer.

(Hierzu Fig. 1 und 15.)

1) Wahl der Röhren. Wo möglich sei man bei der Verfertigung der Röhren auf der Hütte und Sorge dafür, daß sie sogleich an einem ihrer Enden mit Siegellack geschlossen werden; indem man hierdurch den Luftwechsel in ihrem Innern hemmt, und sie daher trockener erhält. Man suche unter einer großen Anzahl von Thermometer-Röhren diejenigen heraus, welche überall so viel als möglich gleich weit sind. Man untersucht dieses, indem man einen Tropfen Quecksilber in die Röhre bringt; er bildet in ihr eine kleine Säule, welche man

hin und her bewegt. Ist die Röhre überall von vollkommen gleicher Weite, so muß auch die kleine Säule überall die gleiche Länge beibehalten.

Dieses wird aber nie stattfinden, indem auch die besten Röhren verschiedene Querschnitte haben; man wählt daher solche, welche der Anforderung am meisten entsprechen.

Wollte man nun aber diese Röhren ohne Weiteres anwenden, wie es von beinahe allen deutschen Thermometermachern geschieht, so könnten zwei Thermometer nie in ihrem Gang genau mit einander übereinstimmen, denn wenn eine Röhre eine Erweiterung an einer Stelle hat, so wird das Quecksilber bei derselben Ausdehnung dort nicht so hoch steigen, als wenn diese Ungleichförmigkeit nicht stattfände; es wird also auch die Wärme der Umgebungen anders anzeigen, als ein Thermometer von gleichförmigem, oder von verschieden ungleichförmigem Querschnitt. Hierdurch würden aber die Thermometer ganz unbrauchbar werden, indem ihr ganzer Werth in ihrer Vergleichungsfähigkeit besteht, wenn man nicht Mittel hätte, diese Ungleichförmigkeit unschädlich zu machen. Nun ist es in der That gleichgültig, ob die Röhren gleichförmigen oder ungleichförmigen Querschnitt haben, wenn man nur immer weiß, wann das Quecksilber einen Theil der Röhre ausfüllt, welcher genau einem andern an Inhalt gleich ist; denn dann weiß man ja auch, daß dasselbe sich wiederum um so viel ausgedehnt hat, als vorher, wo es den gleichen Raumtheil in der Röhre einnahm.

Um diese gleichen Raumtheile anzugeben, muß man

2) die Röhren abgleichen oder calibriren.

Dieses zu bewerkstelligen, bringt man in die Röhre, welche man schon vorkäufig, als von ziemlich gleicher Weite, auf die oben angegebene Art ausgemittelt hat, von Neuem einen Quecksilbertropfen, welcher nur so groß sein darf, daß die Länge der durch ihn gebildeten kleinen Säule gering genug wird, um das von ihr ausgefüllte Stück der Röhre, als von gleichem Querschnitt, annehmen zu können. Je feiner also die Röhre ist, desto kleiner muß man diesen Tropfen nehmen, damit die Säule so kurz als möglich werde.

Man bewegt nun diese kleine Säule gegen eines der Röhren-Enden, und bemerkt mit einem Diamanten ihre Endgrenzen durch Striche auf die Röhre. Könnte man dieses Säulchen so verschieben, daß sein Anfang ganz genau in den Endstrich der gemachten Abtheilung käme, so hätte man durch die neue Länge, welche das Quecksilber einnehmen würde, einen neuen, dem ersten vollkommen gleichen Theil, und würde man so fortfahren, so würde die ganze Röhre sich auf diesem ganz einfachen Wege in vollkommene gleiche Theile eintheilen lassen. Aber nimmermehr würde man dahin gelangen, den Tropfen so zu verrücken, daß das Aufeinandertreffen von Säulen- und Abtheilungsgrenzen auch nur etwas zuverlässig stattfände.

Man hilft sich daher auf folgende Art. Man sucht die Uebereinstimmung so viel als möglich zu bewerkstelligen, so daß der Anfang der Säule dem Diamantstrich, welcher das Ende des ersten Theiles bildet, so nahe komme, daß nur ein ganz kleiner Zwischenraum, zwischen der schon gemachten Abtheilung, und der ihr vollkommen gleichen, welche der Tropfen in seiner neuen Lage ausfüllt, bleibe. Hat man sich nun vorher auf Metall eine möglichst genaue und feine gerade Linie gezogen, und nähert die Röhre so, daß sie mit ihr gleichlaufend ist, d. h. überall gleich weit von ihr absteht, so kann man die Länge des Säulchens auf diese Linie abstecken.

Wenn sodann, wie es verlangt wurde, diese kleine Säule sehr nahe an der ersten Abtheilung liegt, so kann man annehmen, daß sich die Weite der Röhre

In diesem kleinen Abstand so wenig andere, daß wenn man das Quecksilber wirklich bis an den Diamantstrich verschieben würde, die Säule eben so lang bliebe, als sie jetzt ist. Bringt man daher den einen der auf dem Lineal bemerkten Punkte auf den Strich der Röhre, so muß der andere Punkt des Lineals das Ende des zweiten Theiles, welches dem ersten an Inhalt gleich ist, geben, und man hat daher nur hier einen dritten Diamantstrich in die Röhre zu reißen.

Indem man so fortfährt, theilt man nach und nach die Röhre von etwas ungleichem Querschnitt in hinlänglich genaue inhaltsgleiche Theile; und zwar wird die Genauigkeit desto größer sein, je weniger lang die Säule genommen wurde.

3) Anblasen der Kugel. Das Blasen der Kugel mit dem Munde bringt Feuchtigkeit in die Röhre, und ist bei engen Röhren sehr beschwerlich; es ist daher besser, das Ende derselben in den Hals einer Gummilasticum-Bouteille zu stecken, und möglichst luftdicht zu befestigen. Ist alsdann das andere Ende vor der Lampe zum Schmelzen gebracht und mittelst eines metallenen Stäbchens ein wohl gerundeter Knopf gebildet, so dreht man die Röhre vertical, die Bouteille oben, und drückt letztere; die in ihr enthaltene trockene Luft bläst alsdann die Kugel aus. Daß man aber die Röhre mit einer Kugel versehe, hat darin seinen Grund, weil bei einer auch sehr geringen Ausdehnung einer so bedeutenden Menge Quecksilbers, wie die Kugel enthält, schon ein sehr merkliches Steigen in der feinen Röhre entsteht.

4) Reinigung des Quecksilbers, Füllen und Schließen der Röhre.

Das Quecksilber, welches man zu Thermometern anwendet, muß in allen Theilen der Erde die gleichen Eigenschaften besitzen, sonst würden wir keine Instrumente daraus verfertigen können, welche mit einander übereinstimmen. Damit man nun aber in Amerika und bei uns Thermometer machen könne, welche, wenn man sie neben einander hängt, gleich gehen, so muß man das Quecksilber an beiden Orten so rein als möglich machen. Dieses Metall ist, wie wir es in dem Handel bekommen, mit Unreinigkeiten untermengt, und mit andern Metallen vermischt. Die Unreinigkeiten schaffen wir dadurch hinweg, daß wir Handschuhleder in Form eines Beutels zusammenlegen, das Quecksilber hineingießen, und dann den Beutel zusammendrehen, bis das Metall durch die uns unsichtbaren Oeffnungen des Leders, welche man Poren nennt, in einem feinen Regen hindurchgepreßt wird. Die beigemengten Unreinigkeiten bleiben alsdann in dem Beutel zurück.

Die dem Quecksilber beigemischten andern Metalle schafft man durch das Destilliren hinweg; denn dasselbe kocht und verdampft bei einer Hitze, welche die mit ihm verbundenen Körper wenig angreift; es geht daher von letzteren in Dämpfen fort, und erkaltet sich wiederum in der Vorlage zum flüssigen Zustande; die übrigen Metalle aber bleiben in der Retorte zurück.

Die Quecksilberdämpfe sind dem Menschen äußerst schädlich, schon sehr geringe Quantitäten können ihm den Speichelfluß zuziehen. Man muß also bei dem Destilliren sowohl, wie bei dem spätern Auskochen, alle mögliche Vorsicht anwenden. Es ist daher sehr zu rathen, sich gußeiserner Retorten, am besten Granaten, zu bedienen, langsam zu feuern, damit nicht die Masse der Dämpfe plötzlich zu groß werde und ein Theil davon entweiche, sowohl den Hals der Vorlage, den Vorstoß, wie die Vorlage selbst, kühl zu erhalten, und besonders die wohl verstrichenen Fugen mit nassen Lappen zu belegen; lauter Maßregeln,

um die Dämpfe wiederum baldigst in den flüssigen Zustand zurückzuführen. Es ist daher sehr gut, die Vorlage in gestoßenes Eis zu setzen.

Immer soll das Destillirgeschäfft an einem Ort vorgenommen werden, an welchem gehöriger Luftzug stattfindet, damit die etwa entweichenden Dämpfe so gleich hinweggeführt werden.

Das Verstreichen der Fugen kann man dadurch umgehen, daß man sie mit eingeweichter Blase überbinde; ja man hat sogar dieses nicht nöthig, wenn man in die Vorlage Wasser bringt, und den Retortenhals so tief eindringen läßt, daß seine Oeffnung unmittelbar über die Oberfläche des Wassers (kaum eine Linie von derselben entfernt) zu stehen komme; das Ueberbinden mit Blase ist jedoch auch dann eine gute Vorsichtsmaßregel.

Füllen der Röhre. Wenn man eine Bouteille mit Wasser füllen will, so darf man sie nur, wie dies ein Jeder weiß, so in diese Flüssigkeit untertauchen, daß der Hals aufwärts gekehrt ist, man sieht alsdann so lange Blasen aus ihr emporsteigen, bis sie voll ist; je enger aber dieser Hals ist, desto länger wird das Füllgeschäfft dauern, und wollte man nun gar auf diese Art eine Thermometerrohre mit Quecksilber anfüllen, so würde man gar nicht zu Stande kommen. Dies wird ein Jeder zugeben, welcher es schon versucht hat, in ein kleines Fläschchen mit engem Halse auf diesem Wege eine Flüssigkeit zu bringen.

Es ist leicht, den Grund dieser Erscheinung einzusehen; die entweichenden Blasen sind Luft, mit welcher die Flasche angefüllt ist, das hereindringende Wasser läßt derselben im Halse Platz genug, um ihm ausweichen zu können; wird nun aber dieser Hals sehr enge, so kann dieses Ausweichen nicht mehr vor sich gehen, und die in letzterem befindliche Flüssigkeit vertritt der Luft gänzlich den Ausweg.

Die uns bekannt gewordene Eigenschaft der Körper, bei Vermehrung der Wärme sich auszudehnen, und beim Erkalten sich zusammenzuziehen, gibt uns ein Mittel an die Hand, zum Ziele zu kommen.

In der That, erwärmen wir ein zu füllendes Fläschchen mit engem Halse, so dehnt sich die Luft viel mehr aus, als das Glas des Gefäßes, dieses kann sie daher nicht mehr fassen und es entweicht ein Theil; bringen wir nun rasch die Oeffnung in die Flüssigkeit, so wird sich das Fläschchen und die in ihm befindliche Luft abkühlen, diese sich also zusammenziehen. Während dieses Zusammenziehens drückt nun aber die äußere Luft eben so stark wie vorher auf die Flüssigkeit, und nöthigt sie dadurch in den Raum des Fläschchens zu steigen, welchen die in ihm befindliche Luft bei ihrem Zusammenziehen verläßt. Bei der Füllung der Thermometerrohren wenden wir nun ein ähnliches Verfahren an; wir erwärmen zuerst die Röhre sehr stark, und lassen die Kugel kalt; alsdann richten wir die Röhre aufwärts und erhitzen die Kugel plöglich; hierdurch dehnt sich die Luft der Kugel sehr stark aus und jagt alle Feuchtigkeit, welche etwa noch an den Röhrenwänden sein und die Bewegung des Quecksilbers hemmen könnte, vor sich hinaus. Nun wird die Röhre rasch mit der Kugel nach oben in das Quecksilber getaucht, und dieses durch die äußere Luft hineingedrückt.

Hat man mit einem Male nicht genug Quecksilber in die Röhre gebracht, so wiederholt man das Verfahren, indem man die Röhre und das Quecksilber in ihr wiederum stark erhitzt, und alsdann von Neuem eintaucht. Wie viel Quecksilber man aber in die Röhre bringen müsse, dies hängt von dem Gebrauch ab, zu welchem das Thermometer dienen soll. Will man z. B. dieses Instrument in einer Wärme anwenden, welche zwischen dem Gefrieren und dem Sieden des Wassers liegt, so bringt man die gefüllte Röhre in Eis und sieht, ob noch ein

Stück Säule über die Kugel herausrage, ist dies nicht der Fall, so hat man zu wenig Quecksilber, alsdann hängt man die Röhre in siedendes Wasser; hat man sie zu stark angefüllt, so wird das Quecksilber zur Oeffnung herausfließen.

Es ist einleuchtend, daß die Masse Quecksilbers von dem Verhältniß des Inhalts der Kugel zu dem Querschnitt der Röhre abhängt, und daß, weil man nie zwei Thermometer mit vollkommen gleichen Kugeln anfertigen kann, auch die Quecksilbermassen, und die Entfernungen der Standpunkte der Flüssigkeit von der Kugel für die nämliche Wärme, an ihnen verschieden sein müsse.

Zuschmelzen der Röhre. Man muß die Röhre schließen, weil sonst Quecksilber herauskommen, und alsdann das Thermometer nicht mehr gebraucht werden könnte. Ehe man aber das offene Ende zuschmilzt, muß noch alle Luft, welche zwischen dem Quecksilber sich befindet, auf das Sorgfältigste ausgetrieben werden. Dies wird dadurch bewerkstelligt, daß man das Quecksilber in der Kugel zum Kochen bringt; wäre nun die Röhre kurz, so würde hierbei auch Quecksilber mit herausgehen, man muß deshalb vorher das offene Ende sackförmig erweitern (s. Fig. 1.), um der Flüssigkeit Raum zur Ausdehnung zu verschaffen. Ist aber die Röhre bedeutend länger als das Thermometer werden soll, so bedarf es dieses Sackes nicht.

Man zieht nun nach und nach den kleinen Sack über der Lampe zu einer dünnen Röhre aus, welche nur noch eine kleine Oeffnung behält, erhitzt das Quecksilber von Neuem, bis es beinahe an das Ende der Röhre kommt, und schmilzt endlich die kleine Oeffnung rasch vor dem Löthrohr zu. Zuletzt rundet man den geschlossenen Theil noch ab, um denselben durch eine ihn umgebende Glasmasse vor dem Zerbrechen zu sichern.

Das sorgfältige Austreiben der Luft aus dem Thermometer wäre für den richtigen Gang dieses Instrumentes nicht nöthig, denn die Ausdehnung des Quecksilbers geschieht mit solcher Gewalt, daß der von der Luft geleistete Widerstand als unbedeutend nicht bemerkt werden würde; aber für den anhaltenden Gebrauch würde ein nicht luftleeres Thermometer untauglich sein, indem bei raschem Steigen desselben, oder bei einer Umkehrung, die Luft sich zwischen die Quecksilbersäule setzen und sie trennen könnte, ein Uebelstand, welcher nur zu häufig bei den Kaufthermometern eintritt, und gewöhnlich in Verlegenheit setzt.

Um ein hierdurch unbrauchbar gewordenes Thermometer wieder herzustellen, darf man nur alles Quecksilber in die Kugel hinabnöthigen, wodurch die zwischen demselben befindliche Luft nothwendig wieder hinaufgedrückt wird; man hat also nur eine künstliche Kälte zu erzeugen, durch welche die erforderliche Zusammenziehung erfolgt. Häufig genügt es, die Kugel in Weingeist zu tauchen, und alsdann durch einen Blasebalg einen lebhaften Luftstrom auf sie zu leiten; hierdurch geschieht das nämliche, was sich ereignet, wenn wir Weingeist auf die Hand gießen, der befeuchtete Körper wird kalt; denn der Weingeist verdunstet, d. h. er geht von dem flüssigen Zustande in den dampfförmigen über, hierzu braucht er Wärme, welche er von seinen Umgebungen, im letzten Falle von unserer Hand, im ersten von dem Quecksilber der Thermometerkugel, nimmt. Diese Erkältung ist nun desto stärker, je lebhafter die Verdunstung ist; die Verdunstung aber wird durch einen Luftzug ausnehmend befördert *).

*) Abkühlung durch Verdunsten fühlen wir bei dem Trocknen des Schweißes nach dem Begießen der Straßen und Zimmerböden an heißen Tagen. Da die Abkühlung durch einen Luftzug zunimmt, so können wir aus unserm Finger einen Windweiser machen, wenn wir ihn überall benehen und in die Höhe halten; die Seite, an welcher wir Kälte fühlen, ist diejenige, von welcher der Wind kommt. — Wir können das Wasser in der Sonne abküh-

Wollte nach mehreren Versuchen das Verfahren nicht gelingen, so dürfte man nur eine noch leichter verdunstende Flüssigkeit, z. B. Schwefeläther, anwenden. Wollte auch dieses nicht helfen, so müßte man sich eines Kälte erzeugenden Gemenges bedienen, und in dieses das Thermometer tauchen. Ein solches Gemenge erhält man aber, wenn man an Gewicht gleich viel Schnee und festes salzsaures Kali nimmt und beides rasch durcheinander arbeitet *).

5) Eintheilung des Thermometers.

Die Eintheilung oder Graduierung des Thermometers erfordert zwei Hauptarbeiten.

a) Die Bestimmung der zwei festen Punkte;

b) die Eintheilung des Stücks der Röhre, welches zwischen zwei festen Punkten liegt, in eine gewisse Anzahl gleicher Theile oder Grade.

a) Bestimmung der beiden festen Punkte.

Diese Punkte müssen eine solche Lage haben, daß das Quecksilber der Röhre überall unfehlbar auf sie zeigt, wenn die Erscheinungen eintreten, bei welchen sie angegeben wurden.

Allenthalben zeigen sich die zwei auffallenden Erscheinungen des Ueberganges des Wassers in den festen und in den dampfförmigen Zustand, oder Gefrieren und Sieden. Aber das Gefrieren des Wassers findet nicht immer bei derselben Temperatur statt, so daß man also den festen Punkt nicht nach dem Gefrieren des Wassers einrichten kann. Es ist aber das Schmelzen des Schnees und Eises eine eben so vorbereitete Erscheinung, bei welcher sich überall die gleiche Wärme unveränderlich kund gibt, wenn das Wasser, aus welchem sie gebildet wurden, vollkommen rein, also destillirt oder reines Regenwasser ist; wir werden also den festen Punkt durch Eintauchen der Quecksilberöhre in derartiges schmelzendes Eis oder in schmelzenden Schnee erhalten können.

Sehr häufig tauchen die Thermometermacher nur die Kugel in diese schmelzende Masse, dadurch wird aber der Punkt falsch, weil das Quecksilber außerhalb der Röhre die Wärme der äußern Luft annimmt, also sich mehr ausdehnt erhält, als wenn auch es in die kalte Flüssigkeit getaucht wäre.

Man muß also die Röhrenlänge, welche vom Quecksilber ausgefüllt wird, eintauchen, und abwarten bis dasselbe fest stehen bleibt; sodann macht man mit Lusch, oder noch besser mit einem Diamant, einen Strich auf das Glas.

Wollte man auch den Siedepunkt durch vollständiges Eintauchen der Röhre in die Flüssigkeit bewerkstelligen, so würde man einen falschen Punkt bekommen; denn je tiefer wir in das siedende Wasser hinabkommen, desto heißer finden wir es, daher würde die Kugel heißer werden, als die verschiedenen Theile der Säule, und wir hätten die Anforderung nicht erfüllt, alle Theile des Quecksilbers mit der Wärme des siedenden Wassers zu umgeben.

Glücklicher Weise hat man nun aber gefunden, daß das kochende Wasser an der Oberfläche genau so heiß sei, als der Dampf, welcher von ihr aufsteigt; man darf daher nur ein zum Theil mit reinem Wasser gefülltes Gefäß mit zwei Hälften nehmen (Fig. 15.), wovon der eine gerade aufwärts, der andere aber seitwärts geht, die erste Oeffnung mit einem Korkpfropf, durch den man das Thermometer steckt, schließen, und das Gefäß auf das Feuer bringen. Der Dampf wird alsdann durch die Seitendöffnung entweichen; durch Auf- und Ab-

len, wenn wir die Flasche mit einem feuchten Tuch umschlagen, den Sonnenstrahlen aussetzen, und hin- und herschwingen etc.

*) S. übrigens: Die Tabelle der Kälte erzeugenden Gemenge.

schieben des Thermometers wird man aber leicht dahin gelangen, die ganze Quecksilbersäule in diesen Dampf getaucht zu erhalten, und alsdann den festbleibenden Stand des Quecksilbers durch einen Strich zu bezeichnen. Die Seitendöffnung aber ist deshalb nöthig, weil sonst der Dampf neben der Thermometeröhre herausströmen müßte, und dadurch die Beobachtung des Standes hindern würde.

b) Eintheilung der Röhre in Grade.

Das Röhrenstück zwischen den beiden festen Punkten soll in eine Anzahl gleicher Theile getheilt werden; würde die Röhre überall vollkommen gleich weit sein, so würden die Längen dieser gleichen Theile auch gleich sein müssen; dies ist aber bekanntlich nicht der Fall.

Vor Allem fragt es sich, in wie viel gleiche Theile oder Grade das Thermometer getheilt sein soll. Es ist leicht einzusehen, daß dies im Ganzen gleichgültig sei, und also von freier Wahl abhängt. In Deutschland theilt man den Zwischenraum zwischen Schmelzpunkt des Eises und Siedpunkt gewöhnlich in 80 Grade ($^{\circ}$) ein, und erhält alsdann das Reaumur'sche Thermometer; in Frankreich wird dieser Zwischenraum in 100° getheilt, und das Thermometer, das hunderttheilige, oder Celsius'sche, genannt; die Engländer bedienen sich am häufigsten des Fahrenheit'schen Thermometers, bei welchem zwischen beiden festen Punkten 180° sind.

Bei beiden ersten Instrumenten ist der Schmelzpunkt des Eises mit 0 bezeichnet, oder der Nullpunkt, während bei dem Fahrenheit'schen Thermometer dieser Punkt mit 32° bezeichnet ist, also der Siedpunkt der 212te Grad ist; der Nullpunkt dieses Wärmemessers ist daher 32° unter dem Schmelzpunkt des Eises.

Will man nun die Eintheilung eines Thermometers zwischen den beiden festen Punkten machen, so sieht man, wie viele durch das Calibriten entstandene gleiche Theile zwischen ihnen liegen, und dividirt die Anzahl dieser Theile durch die Anzahl der Grade, welche das Instrument erhalten soll; man bekommt hierdurch die Anzahl Calibritheile, welche auf einen Grad des Thermometers gehen; hierauf setzt man, von dem Schmelzpunkte des Eises angerechnet, bei dem Reaumur'schen und hunderttheiligen Instrumente die Zahlen 1, 2 *rc.* bis 80 oder 100, neben die entsprechenden Calibritheile; und verfolgt dieses Verfahren auf beiden Seiten der festen Punkte, indem man abwärts des Nullpunktes ebenfalls die Theile mit 1, 2 *rc.* bezeichnet.

Will man nun anzeigen, daß das Thermometer 6 Grade über Null stehe, so schreibt man $+ 6^{\circ}$, stünde es aber 6 Grade unter Null, so würde dieses $- 6^{\circ}$ bezeichnet.

Bei dem Fahrenheit'schen Thermometer würden die Zahlen 31, 30, 29 *rc.* Grade unter dem Schmelzpunkt des Eises bedeuten.

Will man nun mit diesen drei Thermometern eine Wärme von 6° Reaumur angeben, so darf man nur daran denken, daß 80° Reaumur eben so viel sind wie 100° des hunderttheiligen und wie 180° Fahrenheit; oder was das Gleiche ist, daß 4° Reaumur = 5° Celsius = 9° Fahrenheit sind.

$$\text{Wir hätten also } 4 : 5 = 6 : \frac{30}{4}$$

$$\text{daher } 6^{\circ} \text{ Reaumur} = 7\frac{1}{2}^{\circ} \text{ Celsius und}$$

$$4 : 9 = 6 : \frac{54}{4}$$

demnach 6° Reaumur = $13\frac{1}{2}^\circ$ Fahrenheit, der sechste Grad Reaumur über Null ist also eben so viel, als $13\frac{1}{2}^\circ$ Fahrenheit über Null Reaumur; Null Reaumur aber ist gleich dem 32° Fahrenheit, also 6° Reaumur über Null = $13\frac{1}{2}^\circ$ Fahrenheit über 32° , also = $45\frac{1}{2}^\circ$ Fahrenheit. Auf diese Art ist die Vergleichungstabelle der verschiedenen Thermometerscalen (s. S. 24.), wie man die Eintheilungen heißt, berechnet.

Am sichersten verfährt man, wenn man die Eintheilung auf das Glas selbst überträgt und die Zahlen einätzt; trägt man, wie dieses am häufigsten ist, die Scala auf Metall oder Elfenbein, so hat man vor Allem dafür zu sorgen, daß sich die festen Punkte der Eintheilung nie von denen der Röhre entfernen können.

Die Eintheilungen auf Papier sind für Beobachtungen ganz zu verwerfen.

Die gewöhnlichen Stubenthermometer haben nun gewöhnlich noch mehrere besonders bemerkte Punkte.

So liest man neben 80° Reaumur,	siedendes Wasser.
• • • • • 32° •	Wärme des menschlichen Körpers.
• • • • • 26° •	Badwärme.
• • • • • 19° •	Seidenwürmerwärme.
• • • • • 10° •	Kellerwärme.
• • • • • 6° •	Pomeranzenbäume.
• • • • • 0° •	Gefrierpunkt oder Eis (sollte heißen schmelzendes Eis).

Auch kommen noch gewöhnlich mehrere Kältegrade unter 0 mit besondern Bezeichnungen vor.

§. 22. Prüfung des Thermometers.

1) Wenn die Quecksilbersäule nicht außerordentlich dünn ist, so drehe man das Thermometer so, daß die Kugel oben steht; das Quecksilber muß alsdann die ganze Röhre einnehmen; nach der Rückdrehung muß aber die Quecksilbersäule sich wiederum ununterbrochen darstellen.

2) Hat man ein als richtig erkanntes Thermometer, so sehe man, ob der Gang des neuen Instrumentes mit jenem vollkommen übereinstimme.

3) Fehlt ein solches zum Vergleich, so tauche man die Kugel des zu untersuchenden Instrumentes in siedendes Wasser, jedoch nach allmählicher Erwärmung, damit es nicht zerspringe, das Quecksilber darf alsdann 80° , oder den Siedepunkt, nicht erreichen. Würde dieses der Fall sein, so wäre das Thermometer bei seiner Verfertigung nur mit der Kugel eingetaucht worden, der Siedepunkt wäre also falsch.

4) Eine nähere Prüfung der beiden festen Punkte kann nur dadurch erhalten werden, daß man das Instrument demselben Verfahren unterwirft, welches man bei ihrer Feststellung beobachten mußte.

§. 23. Anwendung des Thermometers bei dem Gewerbetwesen.

Alle Gewerbe, welche zu ihrem Geschäfte Wärme brauchen, bedürfen eines gewissen Hitzgrades, um bestmöglichst zu arbeiten, aber wie sollen sie gerade das Rechte treffen? Ist das Geschäft heute vorzüglich gelungen, so weiß man nicht, welcher Wärmegrad während desselben vorhanden war, und kann daher auch nicht ein anderes Mal durch seine Herstellung einen gleich günstigen Erfolg sichern. Alles bleibt daher der Übung und dem Zufall überlassen.

Es ist wahr, das Thermometer kann oft in den wichtigsten Fällen kein Thermometer.

Aufschluß geben, die Hitze des Hohofens, wie alle diejenigen Wärmegrade, welche weit von dem Siedepunkte des Wassers entfernt liegen, und so häufig von den Gewerben benutzt werden, sind nicht durch das Thermometer zu bestimmen, und alle Bestrebungen, brauchbare Instrumente zur Messung großer Hitze (oder Pyrometer) zu erdenken, haben bisher den Werth der Zuverlässigkeit nicht erringen können, so daß also hier noch eine der wichtigsten Erfindungen für das Gewerwesen zu machen bleibt; aber viele Gewerbe können auch von dem gewöhnlichen Thermometer bedeutenden Nutzen ziehen; ja sie können ohne ihn gar nicht gehörrig betrieben werden. Alle Gewerbe, welche das Abdampfen der Flüssigkeiten als einen wichtigen Theil ihres Betriebs anerkennen, und bei welchen die Anwendung zu großer Wärme auf die in der Flüssigkeit aufgelösten Stoffe verändernd oder zerlegend einwirkt, müssen sich, um sicher zu gehen, eines bestimmten Wärmegrades bedienen; sie bedürfen also des Thermometers.

Ueberall wo Auslaugungen vorkommen, um alsdann die zu gewinnenden Körper durch Abdampfen aus der Lauge darzustellen, kommt es darauf an, die gehörige Stärke der Lauge zu erhalten; über diese Stärke belehrt uns aber die Senkwage (der Areometer), zugleich mit dem Thermometer; und es ist überhaupt zu genauerer Untersuchung des Gehaltes einer Flüssigkeit die Senkwage ohne gleichzeitigen Gebrauch des Thermometers unzureichend; was daher rührt, daß die zu prüfenden Flüssigkeiten bei verschiedenen Wärmegraden auch verschieden dicht sind, sich also die Senkwage bei gleichem Gehalt der Lauge u. ungleich einsenkt.

So muß z. B. der Alaunsieder seine Kohllauge so stark machen, daß sie bei 15° Reaum. an der Bauméschen Senkwage 20° zeigt. Beobachtet er dieses nicht, so arbeitet er mit Verlust.

Die Berlinerblaufabrikation darf beim Trocknen des Farbensüberschlages keine größere Wärme, als die von 20° R. anwenden.

Der Bierbrauer hat bei dem Darren alle Aufmerksamkeit auf eine allmähliche und gelinde Erhöhung der Wärme zu richten; denn heizt er gleich im Anfang zu sehr, so erhät er ein trockenes hornartiges Korn, was nur wenig Zuckerstoff liefert, und häufig dem Bier einen unangenehmen Geschmack mittheilt. Das Malz muß daher längere Zeit bei 25°, höchstens 30°, Reaum. erhalten, und nur nach und nach, während des zweitägigen Darrens, bis zu 50°, höchstens 60°, erhät werden.

Höchst wichtig ist die Beobachtung einer bestimmten Wärme beim Malschen, welches mit Wasser geschehen muß, das nicht kälter als 50° und nicht viel heißer als 60° ist. Wasser von zu geringer Wärme würde die in dem Malzschrote befindliche Stärke nicht in Zucker verwandeln können; wollte man aber das Schrot mit dem Wasser kochen, so würde die Stärke zwar aufgelöst, bliebe aber zum Theil ungedändert, wodurch eine trübe, wenig brauchbare, zum Säuerwerden geneigte Würze erhalten würde.

Daß der Wärmegrad der Würze den größten Einfluß auf die Gährung derselben habe, weiß der Brauer, welcher den Sommer hindurch deshalb kein gutes Bier zu Stande bringt.

Im Sommer, wo die Wärme des Gährungsraumes auf 20° R. steigt, sollte die Würze wenigstens auf 10° R. abgekühlt werden, sonst geht die Gährung zu rasch vor sich und der Brauer kann sie nicht mehr beherrschen. Im Winter darf sie nicht unter 12 — 14° abgekühlt werden, sonst gährt sie zu langsam und unterbrochen und wird leicht sauer. Bei 10° R. Wärme des Gährungsraumes gibt man der Würze am besten eine Wärme von 10 — 12°.

Die Menge der zuzusetzenden Hefe hängt ebenfalls von dem Wärmegrad der Würze ab. Bei mittlerer Wärme reicht 1 Maß Hefe hin, um 100 Maß Würze zur Gährung zu bringen, während man bei 8° R. etwa doppelt so viel braucht, als bei 16°.

Der Bierbrauer kann nur durch Versuche zu dem besten Bier gelangen, was an dem Orte seines Wohnsitzes zu brauen ist; Abänderungen in den Wärmegraden werden ihm vorzüglich merkwürdig werden, hierzu bedarf er des Thermometers.

Der Bleicher weiß, daß die bleichende Wirkung der Chloralkalien merklich erhöht wird, wenn man ihre Auflösung lauwarm anwendet. Er überschüttet bei der Vorbereitung zur Nasenbleiche, nachdem er die locker zusammengelegte rohe Leinwand in einem großen Bottich neben und über einander gestellt hat, dieselbe mit lauem Wasser, was etwa 20° Reaumur haben soll.

Das Laugen, Einlaugen, Vorbäuchen, welches 5 bis 6 Mal vorgenommen wird, geschieht das erstemal mit 20 — 30° Reaumur warmen Wassers, dann stets mit wärmerem, bis man beim letzten Laugen zu 50° gestiegen ist.

Bei dem eigentlichen Bäuchen steigt man von 30 — 70°.

Auch bei der Ertheilung der ganzen Bleiche wird die Säuerung warm aufgegossen.

Die Erfahrung hat gelehrt, wie wichtig die allmähliche Wärmeertheilung sei.

Auch bei der Wollenbleiche verlangt man, wenn sie nicht dem Zufalle unterworfen bleiben soll, bestimmte Wärmegrade. Die Vorbereitung der Wolle besteht in einer Wäsche in Seifenlauge, bei einem Hitzgrad von 10 — 50° Reaumur; oder man wendet bis gegen 40° erwärmten Urin an.

Endlich erfordert das Bleichen der Seide ebenfalls eine festgesetzte Erwärmung. Das Entschälen der Seide wird durch Seifenbäder bewerkstelligt, deren erstes die Erhitzung von 70° R. haben muß.

Eine der wesentlichsten Verbesserungen, welche man in neuerer Zeit bei der Bleiweißfabrikation eingeführt hat, ist die Anwendung geschlossener Kalzinirungskammern, in welchen man die Wärme auf den erforderlichen Grad, 35° R., erhalten kann, während man früher, bei dem sogenannten Mistbade, die durch die Mistgährung entwickelte Wärme nicht in seiner Gewalt hatte; war sie zu gering, unter 28°, so ging die Verwandlung des Bleies nicht gehörig von Statten, und man erhielt ein graues Produkt; bei der zu großen Erwärmung aber, über 40°, bekam man gelbliches Bleiweiß.

Das Thermometer ist daher das unentbehrliche Mittel zur Gewinnung eines Fabrikates von bester und immer gleicher Güte.

Auch das Bronziren der Statuen u. von Gyps kann ohne Anwendung des Thermometers nicht mit Sicherheit und dauerhaft geschehen, indem es wesentlich ist, daß der Gyps auf 70° R. erwärmt werde, ehe man die bronzirende Masse aufträgt; eine Masse *), welche bei weitem besser gegen die Einflüsse der

*) Diese Masse ist eine französische Angabe; folgendes ist das Rezept ihrer Bereitung.

„Man kocht Leindl und ägende Sodalauge zu einer Seife, setzt eine Kochsalzlösung hinzu, und fährt mit dem Kochen fort, bis eine sehr starke Lauge entsteht, auf welcher die Seife als eine kleinkörnige Masse aufschwimmt. Man schüttet nun Alles auf ein leinenes Sehtuch, und preßt die abgetropfte zurückgebliebene Seife aus. Nun wird sie in kochendem reinem Regenwasser, oder in destillirtem Wasser aufgelöst und durch feine Leinwand geseiht. Unterdessen hat man eine Auflösung von vier Theilen Kupfervitriol und einem Theil Eisenvitriol in destillirtem oder Regenwasser bereitet, diese durch Leinwand filtrirt, einen Theil der durchfiltrirten Flüssigkeit in einem kupfernen Gefäße zum

Witterung schützt, als wenn die Bronzierung auf die gewöhnliche Art mit Del-
farbe vorgenommen wird.

Der Branntweimbrenner. Die zur Darstellung der weinigen Flüssigkeit
nothwendige Gährung wird nur bei einer bestimmten Wärme vollkommen
gelingen.

Bei Darstellung der Zuckerbranntweine, aus dem in den Zuckerkrafs-
finerien abfallenden Syrup, ist diese Gährungswärme 20° R.; während man
bei der Bereitung dieses Getränkes aus dem zuckerhaltigen Abwaschwasser
 $20 - 25^{\circ}$ anwendet. Auch bei dem Branntwein aus Honig sind 20° die
passendste Wärme. Die Branntweine aus frischen Trebern oder Trestern
gähren bei einer Wärme von $15 - 20^{\circ}$. Die Gährungswärme bei der Brannt-
weinbereitung aus Runkelrüben und sonstigen Rübenarten ist wie-
derum 20° .

Das für die Produktion so wichtige Geschäft des Einmaischens gelingt
nur zuverlässig bei genauer Anwendung bestimmter Wärmegrade; im Sommer
teigt man mit Wasser von 45° , im Winter von 50° ein, worauf sodann mit
Wasser von $70 - 75^{\circ}$ vollends eingemaischt wird. Sodann bringt man
durch Stellen die Maische zu der erforderlichen Gährungswärme von 18 bis
 22° . Bei Bereitung des Kartoffelbranntweins hat man ebenfalls die
Gährungswärme von 20° R. herbeizuführen, ehe man die Maische mit der Hefe
zur Gährung stellt. Das Einteigen des Gerstens- oder Weizenmalzes muß mit
Wasser von 40° geschehen, und dann mit Wasser von $55 - 60^{\circ}$ nachgebrühet
werden, bis das Malz die Dicke des gewöhnlichen Korngutes erlangt hat, und
dann der auf dem Kühlschiffe befindlichen, bis zu 60° abgekühlten, Kartoffelmai-
sche beigemengt wird.

Gießen gebracht, und so lange von obiger Seifenauflösung hinzugegossen, bis nichts mehr
niederschlägt. Der flockige Niederschlag zeigt die grüne Kofffarbe der alten Bronzen; man
scheidet ihn ab, übergießt ihn mit einem Theil von der Bitriolauflösung, und erhitzt
das Gefäß unter Umrühren bis zum Kochen.

Nach einiger Zeit wird die Flüssigkeit abgegossen und heißes Wasser aufgeschüttet,
von Neuem abgegossen, und zuletzt kaltes Wasser hinzugehan, bis dieser Niederschlag
vollkommen ausgewaschen ist. Endlich wird derselbe zwischen Leinwand stark ausgepreßt,
um recht trocken zu werden, und ist nun zum Gebrauche fertig.

Diese Bronzeseife wird, wenn man sie benutzen will, in Verbindung mit einem
Firniß angewendet, welcher aus einer Abkochung von 3 Pfund reinem Leindl mit 24
Loth reiner und sehr fein gepulverter Bleiglätte besteht, die durch ein leinenes Tuch
filtrirt und an einem warmen Orte langsam erkaltet wird.

Wenn man nun zum Bronziren schreiten will, so schmelzt man 30 Loth dieses Fir-
nisses, 16 Loth Bronzeseife und 10 Loth reinen weißen Waxes in einem Fayencegefäß
bei gelinder Wärme zusammen; am besten ist es, wenn man dieses Gefäß in heißes
Wasser setzt, und dadurch das Schmelzen der Masse bewirkt. Dieses Schmelzen wird
einige Zeit fortgesetzt, um alle Feuchtigkeit zu vertreiben.

Unterdesen mußte der Gyps in einem geheizten Behältniß bis zu 70 Grad R. er-
wärmt worden sein, so daß man jetzt sogleich die obige geschmolzene Masse mittelst eines
Borstenspiessels auf ihn auftragen kann. Ist der Gyps so weit abgekühlt, daß die Mi-
schung nicht mehr in ihn eindringt, so muß er neuerdings zu obiger Wärme gebracht
werden, ehe man mit dem Anstreichen fortfahren kann; dieses Geschäft setzt man aber so
lange fort, bis die Farbe hinreichend eingesogen ist. Man setzt nun die bronzirten Stücke
nochmals in den Wärmekasten; nimmt sie nach einiger Zeit heraus und läßt sie mehre
Tage an der Luft liegen; ist hierdurch der Geruch des Anstriches verschwunden, so reibt
man die Stücke mit Baumwolle oder feiner weicher Leinwand ab, und trägt, wie bei der
gewöhnlichen alten Bronze, auf den hervorragenden Stellen etwas geriebenes Metall-
oder Muschelgold auf. Kleine Gegenstände von Gyps taucht man in die Mischung ein,
und hält sie alsdann an ein Kohlenfeuer oder an eine rauchfreie Flamme, damit die
Bronze eindringe.

Das Destillirgeschäft kann nur durch aufmerksame Beachtung der zweckmäßigen Wärmegrade mit bestem Erfolg betrieben werden. Besonders haben Grönings Versuche dem Thermometer bei der Branntweimbrennerei eine wichtige Stelle angewiesen, indem man sich durch dasselbe jeden Augenblick über den Gang der Destillation belehren kann, und diese hierdurch ganz in seine Gewalt bekommt. Grönning fand nämlich, daß die Weingeistdämpfe und die rückständige Flüssigkeit, aus welcher sie sich entwickeln, je nach ihrem geistigen Gehalt, welchen man Alkohol nennt, einen bestimmten Wärmegrad haben, so daß man also aus dem Wärmegrad, welchen ein in diese Dämpfe gesenktes Thermometer angibt, auf den Alkohol der Dämpfe sowohl, als der Flüssigkeit schließen kann; obgleich nun hierdurch nur ein näherungsweise richtiger Schluß erhalten wird, so ist er zur Beurtheilung des Ganges der Destillation dennoch sehr nützlich.

Grönning hat seine Beobachtungen in folgender Tabelle mitgetheilt:

Wärmegrade Reaumur.	Alkohol der Dämpfe.	Alkoholgehalt der rückständigen Flüssigkeit. In Prozenten der Maße.
61 $\frac{3}{4}$ °	93	92
62	92	90
62 $\frac{1}{4}$	91	85
62 $\frac{1}{2}$	90 $\frac{1}{2}$	80
63	90	75
63 $\frac{1}{4}$	89	70
64	87	65
65	85	50
66	82	40
67	80	35
68	78	30
69	76	25
70	71	20
71	68	18
72	66	15
73	61	12
74	55	10
75	50	7
76	42	5
77	36	3
78	28	2
79	13	1
80	0	0

Zur Beobachtung des Ganges der Destillation hat man nun nur am Helm eine kleine Röhre anzubringen, welche mit einem Korkstöpsel, durch den das Thermometer gesteckt ist, verschlossen wird.

Aber noch weit wichtiger wird uns durch Grönings Forschungen das Thermometer, indem es mittelst der mitgetheilten Tabelle den Weg eröffnet, durch eine einmalige Destillation den Alkohol so wasserfrei zu erhalten, als dies überhaupt nur durch Destilliren geschehen kann. — Hierdurch aber ist die wesentlichste Verbesserung der Branntweimbrennerei in neuerer Zeit erhalten worden.

Um diese einmalige Destillation anzuwenden, versteht man die Blase mit einem Helm, dessen Helmrohr zuerst senkrecht in die Höhe steigt, und sich sodann

erst nach dem Kühlgefäß wendet. Der Helm, und ein Theil des aufwärtsstehenden Rohrstückes, werden mit einem hölzernen Gefäß umgeben, das mit warmem Wasser angefüllt wird. Die in dem Helme und der Röhre befindlichen Dämpfe werden nun die Wärme des sie umgebenden Wassers annehmen, indem, wenn sie heißer sind als das Wasser, sie sich abkühlen müssen. Man darf daher nur durch steten Zufluß von kaltem Wasser die Wärme der den Helm umgebenden Flüssigkeit so erhalten, daß die Grade des Thermometers, welches man in sie hängt, dem geforderten Alkoholgehalt entsprechen. Will man z. B. einen Branntwein erhalten, bei welchem in 100 Maß 85 Maß Alkohol sind, so findet man in der Tabelle neben 85, die Zahl 65°, d. h. man muß das Wasser immer so warm erhalten, daß das Thermometer in demselben 65° anzeige.

Dies findet jedoch nur bei mittlerer Luftwärme, bei 15° R., und bei mittlerem Luftdruck *) statt.

Auch sonstige Bereitungsarten des Alkohols können das Thermometer nicht entbehren.

Daß chemische Fabriken das Thermometer beinahe unausgesetzt in Anspruch zu nehmen haben, bedarf kaum der Erwähnung.

Die Essigfabrikation bleibt ohne Anwendung des Thermometers ebenfalls dem Zufall überlassen.

Bei der Bereitung des Essigs gibt man dem Gährungs- oder Säuerungszimmer 18—20° R.

Will man aus Zucker oder Honig Essig bereiten, so muß man die zuerst zum Sieden gebrachte Mischung auf 30° abkühlen, ehe man sie mit dem nöthigen Zusatz in das Gährungszimmer bringt.

Bei der Gewinnung des Fruchtessigs nimmt man Luftmalz, oder solches, das nur bei einer Wärme von 38—40° R. gebrüt wurde. Das Einmaischen geschieht mit 30° warmem Wasser; das Ausziehen des Schrotens aber wird durch Anwendung von immer heißer werdendem Wasser bewirkt, so daß man dasselbe nach und nach von 60° bis zum Sieden aufschüttet; auch hier ist diese Einwirkung von steigender Hitze sehr wichtig, um das Verhären oder Verbrühen des Malzschrotens, oder das Setzen der Würze, d. h. die Vereinigung der Masse zu einem Kleister, was bei plötzlichem Aufgießen von siedendem Wasser stattfinden würde, zu verhüten.

Ehe die Hefen zugesetzt werden, müssen die Würzen bis zu 15, 14 oder 12° abgekühlt sein; die Wärme der Gärungsstube darf nur 15—18° angeben; während die Säuerstube, nach welcher zuletzt die helle gewordene und abgeschäumte Würze in die Säuerungsfässer gebracht wird, 18—22° haben muß.

Der Färbler muß häufig selbst das Bleichen des Gegenstandes vornehmen, welchem er die gewünschte Farbe geben soll, er muß daher als Bleicher das Thermometer benutzen.

Aber auch sein eigentliches Geschäft erfordert bestimmte Wärmegrade.

Die Bereitung des Indigoextractes erfordert eine dem Siedepunkte nahe kommende, ihn jedoch nicht erreichende Hitze.

Der Cochenillenauszug bei der Bereitung des Carmins verlangt ungefähr dieselbe Wärme; bei Anwendung der Siedhitze geht die Farbe in's Bräunliche.

Viele Farben müssen bei mäßiger Wärme und durch Gährung gewonnen werden; das Thermometer ist daher unentbehrlich, um Genauigkeit in diese Arbeiten zu bringen.

*) C. Barometer.

Daß der Gärtner das Thermometer nicht entbehren könne, ist allbekannt.

Der Gerber. Das Enthaairen der Häute geschieht am gewöhnlichsten durch das Schwigen, und dieses wird manchmal in besonderen Schwigstuben, in welchen eine Wärme von 30 — 35° R. ist, herbeigeführt.

Unsere Hutmacher klagen vorzüglich über die Unhaltbarkeit ihrer schwarzen Farbe; nur wenn sie sich des Thermometers bedienen, können sie hoffen, auf der Bahn der Versuche Verbesserungen zu finden.

Die Industrie muß, wenn sie mit Luft, mit Dampf, mit gewärmten Flüssigkeiten arbeitet, das Thermometer benutzen.

Die Hüttengebläse hängen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit sehr von der Wärme der Luft ab, denn je wärmer die Luft ist, desto ausgebehnter ist sie. Läßt man einen Balg, Kasten oder Cylinder ausblasen, so liefert er immer gleich viel Luft, sie mag kalt oder warm sein, aber im erstern Fall hat sie mehr Sauerstoff als im letzteren, weil sie dichter ist. Der Sauerstoff ist aber gerade das, was man zur Belebung des Feuers herbeiführen will. Im Winter leistet daher auch ein und das nämliche Gebläse mehr als im Sommer.

Aber die kältere Luft erkaltet auch das schmelzende Metall mehr als die wärmere, so daß ein Gebläse, welches eben so viel Sauerstoff als ein anderes liefert, allein diesen in warmer Luft zuführt, während das andere kalt zubläst, im Vortheil stehen muß.

Um den Einfluß der Veränderung der Luftwärme auf den Gang eines Gebläses berechnen zu können, muß man nur wissen, daß sich die Luft für jeden Grad, um welchen das Reaumur'sche Thermometer steigt, um 0,004688 ihres Rauminhaltes ausdehnt, d. h. daß wenn man einen Cubikfuß Luft hat und nun das Thermometer um 2° steigt, diese Luft jetzt 1 Cubikfuß + 2 mal 0,004688 Cubikfüße einnimmt; diese 1 + 2 mal 0,004688 Cubikfüße haben nun so vielen Sauerstoff, wie der vorige Cubikfuß Luft, welchen wir hatten, als das Thermometer noch um 2° tiefer stand, so daß es also hinsichtlich des gelieferten Sauerstoffes einerlei wäre, ob wir die geringere Menge Luft bei niederer Wärme, oder die größere Menge bei 2° höherer Wärme, in gleicher Zeit dem Herde zuführen würden.

Hätte man also ein Gebläse, welches hinsichtlich seiner Windlieferung nach Belieben verändert werden könnte, so könnte man bei jeder Luftwärme in gleichen Zeiten gleiche Mengen Sauerstoff zublasen.

Der Raumgehalt der Windlieferung muß nun aber vermöge der Blasemaschinen gewöhnlich in gleichen Zeiten immer gleich bleiben, so daß hieraus ungleiche Sauerstofflieferung bedungen wird; da nun aber Alles auf den Sauerstoffgehalt ankommt, so sind die zugeblasenen Luftmengen auch von verschiedenem Werthe.

Beispiel. Ein Gebläse liefert in der Secunde 1 Cubikfuß Luft; wie viel müßte es liefern, wenn die Luftwärme um 15° R. zugenommen hätte, und eben so viel Sauerstoff zugeführt werden sollte, als vorher?

Antwort. 1 Cubikfuß Luft dehnt sich bei einer Erwärmung von 15° aus, um 15 mal 0,004688 = 0,07.

Es muß also geliefert werden 1 mal 0,07 = 1,07 Cubikfuß in der Secunde.

In 24 Stunden müßte also geliefert werden . . . 92448 Cubikfuß.

Im ersten Falle hätte man nur gebraucht 86400 "

Daher braucht man jetzt in 24 Stunden mehr . . . 16048 Cubikfuß.

Hieraus ersieht man, wie wichtig es ist, das Thermometer bei Beurtheilung des Ganges der Gebläse zu befragen.

Allein auch bei der Erbauung dieser einflussreichen Vorrichtungen muß man hierauf Acht haben, indem man die Gebläse so einrichten muß, daß sie auch in den heißesten Sommertagen den nöthigen Sauerstoff liefern.

Daß aber auch das Barometer bei Beurtheilung des Ganges und bei Anlage dieser Maschinen zu Rathe gezogen werden müsse, werden wir durch die Abhandlung, über die Anwendung des Barometers bei dem Gewerkswesen, einsehen lernen.

Der Wasserdampf nimmt in geschlossenen Behältern sehr hohe Wärmegrade an, und man hat größtentheils dieser höhern Wärme seine Spannkraft zu verdanken; das Thermometer ist daher bei seiner Anwendung gewöhnlich nicht zu entbehren.

Die Abhandlung vom Wasserdampf wird uns hierüber nähere Belehrung erteilen.

Ueberblicken wir die wichtigen Dienste, welche das Thermometer den Gewerben leistet, so sollten wir keinem Zweifel Raum geben können, daß dieser einfache und wohlfeile Rathgeber in den Händen vieler Gewerbetreibenden wäre, allein dieses war bisher nur selten der Fall; dem blinden Zufall und einer immer trügerischen Uebung wurden die bedeutendsten Interessen preisgegeben, und durch ein planloses Herumgreifen mit großen Opfern das Bessere da gesucht, wo oft einige wenige Thermometerbeobachtungen die Erfolge gesichert haben würden.

§. 24. Vergleichung des Fahrenheit'schen, 100theiligen und Reaumur'schen Thermometers.

Fahren- heit	100°	Reaumur	Fahren- heit	100°	Reaumur	Fahren- heit	100°	Reaumur
- 4°	-20°	-16°	26°	-3,33°	-2,66°	56°	13,33°	10,66°
- 3	-19,44	-15,55	27	-2,78	-2,22	57	13,89	11,11
- 2	-18,89	-15,11	28	-2,22	-1,78	58	14,44	11,55
- 1	-18,33	-14,66	29	-1,67	-1,34	59	15	12
0	-17,78	-14,22	30	-1,11	-0,89	60	15,56	12,45
1	-17,22	-13,78	31	-0,56	-0,45	61	16,11	12,89
2	-16,67	-13,34	32	0	0	62	16,67	13,34
3	-16,11	-12,89	33	0,56	0,45	63	17,22	13,78
4	-15,56	-12,45	34	1,11	0,89	64	17,78	14,22
5	-15	-12	35	1,67	1,34	65	18,33	14,66
6	-14,44	-11,55	36	2,22	1,78	66	18,89	15,11
7	-13,89	-11,11	37	2,78	2,22	67	19,44	15,55
8	-13,33	-10,66	38	3,33	2,66	68	20	16
9	-12,78	-10,22	39	3,89	3,11	69	20,56	16,45
10	-12,22	-9,78	40	4,44	3,55	70	21,11	16,89
11	-11,67	-9,34	41	5	4	71	21,67	17,34
12	-11,11	-8,89	42	5,56	4,45	72	22,22	17,78
13	-10,56	-8,45	43	6,11	4,89	73	22,78	18,22
14	-10	-8	44	6,67	5,34	74	23,33	18,66
15	-9,44	-7,55	45	7,22	5,78	75	23,89	19,11
16	-8,89	-7,11	46	7,78	6,22	76	24,44	19,55
17	-8,33	-6,66	47	8,33	6,66	77	25	20
18	-7,78	-6,22	48	8,89	7,11	78	25,56	20,45
19	-7,22	-5,78	49	9,44	7,55	79	26,11	20,89
20	-6,67	-5,34	50	10	8	80	26,67	21,34
21	-6,11	-4,89	51	10,56	8,45	81	27,22	21,78
22	-5,56	-4,45	52	11,11	8,89	82	27,78	22,22
23	-5	-4	53	11,67	9,34	83	28,33	22,66
24	-4,44	-3,55	54	12,22	9,78	84	28,89	23,11
25	-3,89	-3,11	55	12,78	10,22	85	29,44	23,55

Fahren- heit	100°	Reaumur	Fahren- heit.	100°	Reaumur	Fahren- heit	100°	Reaumur
86°	30°	24°	129°	53,89°	43,11°	171°	77,22°	61,78°
87	30,56	24,45	130	54,44	43,55	172	77,78	62,22
88	31,11	24,89	131	55	44	173	78,33	62,66
89	31,67	25,34	132	55,56	44,45	174	78,89	63,11
90	32,22	25,78	133	56,11	44,89	175	79,44	63,55
91	32,78	26,22	134	56,67	45,34	176	80	64
92	33,33	26,66	135	57,22	45,78	177	80,55	64,45
93	33,89	27,11	136	57,78	46,22	178	81,11	64,89
94	34,44	27,55	137	58,33	46,66	179	81,67	65,34
95	35	28	138	58,89	47,11	180	82,22	65,78
96	35,56	28,45	139	59,44	47,55	181	82,78	66,22
97	35,11	28,89	140	60	48	182	83,33	66,66
98	36,67	29,34	141	60,56	48,45	183	83,89	67,11
99	37,22	29,78	142	61,11	48,89	184	84,44	67,55
100	37,78	30,22	143	61,67	49,34	185	85	68
101	38,33	30,66	144	62,22	49,78	186	85,56	68,45
102	38,89	31,11	145	62,78	50,22	187	86,11	68,89
103	39,44	31,55	146	63,33	50,66	188	86,67	69,34
104	40	32	147	63,89	51,11	189	87,22	69,78
105	40,56	32,45	148	64,44	51,55	190	87,78	70,22
106	41,11	32,89	149	65	52	191	88,33	70,66
107	41,67	33,34	150	65,56	52,45	192	88,89	71,11
108	42,22	33,78	151	66,11	52,89	193	89,44	71,55
109	42,78	34,22	152	66,67	53,34	194	90	72
110	43,33	34,66	153	67,22	53,78	195	90,56	72,45
111	43,98	35,11	154	67,78	54,22	196	91,11	72,89
112	44,44	35,55	155	68,33	54,66	197	91,67	73,34
113	45	36	156	68,89	55,11	198	92,22	73,78
114	45,56	36,45	157	69,44	55,55	199	92,78	74,22
115	46,11	36,89	158	70	56	200	93,33	74,66
116	46,67	37,34	159	70,56	56,45	201	93,89	75,11
117	47,22	37,78	160	71,11	56,89	202	94,44	75,55
118	47,78	38,22	161	71,67	57,34	203	95	76
119	48,33	38,66	162	72,22	57,78	204	95,56	76,45
120	48,89	39,11	163	72,78	58,22	205	96,11	76,89
121	49,44	39,55	164	73,33	58,66	206	96,67	77,34
122	50	40	165	73,89	59,11	207	97,22	77,78
123	50,56	40,45	166	74,44	59,55	208	97,78	78,22
124	51,11	40,89	167	75	60	209	98,33	78,66
125	51,67	41,34	168	75,56	60,45	210	98,89	79,11
126	52,22	41,78	169	76,11	60,89	211	99,44	79,55
127	52,78	42,22	170	76,67	61,34	212	100	80
128	53,33	42,66						

§. 25. Vergleichung der englischen und französischen Barometer- Scalen in Zollen.

(Mit der Scale in Millimetern.)

Englisches Barometer						Französisches Barometer		
Zolle	$\frac{1}{16}$ Zolle	Millimeter	Zolle	$\frac{1}{16}$ Zolle	Millimeter	Zolle	Linien	Millimeter
24	—	609,59	24	6	624,83	26	—	703,82
	1	612,13		7	627,37		1	706,07
	2	614,67		8	629,91		2	708,33
	3	617,21		9	632,45		3	710,59
	4	619,75		—	634,99		4	712,84
	5	622,29	25	1	637,53	5	715,10	

Englisches Barometer						Französisches Barometer.			
Solle	$\frac{1}{10}$ Solle	Millimeter	Solle	$\frac{1}{10}$ Solle	Millimeter	Solle	Linien	Millimeter	
25	2	640,07	28	—	711,19	26	6	717,36	
	3	612,61		1	713,73		7	719,61	
	4	645,15		2	716,27		8	721,86	
	5	647,69		3	718,81		9	724,12	
	6	650,23		4	721,35		10	726,38	
	7	652,77		5	723,89		11	728,63	
	8	655,31		6	726,43		27	—	730,89
	9	657,85		7	728,97			1	733,15
	26	—		660,39	8			731,51	2	735,40
1		662,93	9	734,05	3	737,66			
2		665,47	29	—	736,59	4	739,91		
3		668,01		1	739,13	5	742,17		
4		670,55		2	741,67	6	744,42		
5		673,09		3	744,21	7	746,68		
6		675,63		4	746,75	8	748,94		
7		678,17		5	749,29	9	751,19		
8		680,71		6	751,83	10	753,45		
9	683,25	7		754,37	11	755,70			
27	—	685,79		8	756,91	28	—	757,96	
	1	688,33	9	759,45	1		760,22		
	2	690,87	30	—	761,99		2	762,47	
	3	693,41		1	764,53		3	764,73	
	4	695,95		2	767,07		4	766,98	
	5	698,49		3	769,61		5	769,24	
	6	701,03		4	772,15		6	771,49	
	7	703,57		5	774,69		7	773,75	
	8	706,11		6	777,23		8	776,01	
9	708,65	7		779,77	9	778,26			

Zweite Abtheilung.

Die

jetzt in England gebräuchlichen

Thermometer und Pyrometer,

ihre Verfertigung und Anwendung.

Einleitung.

Die Alten kannten keine genauere Art, die Veränderungen der Temperatur zu bezeichnen, als die Angaben ihrer Sinne und die wenigen Kenntnisse, die sie über die Schmelzung oder die Verbrennung verschiedener Substanzen erlangt hatten. In neuern Zeiten sind aber Instrumente erfunden worden, um die verschiedenen Grade der Wärme und der Kälte zu messen, die man (nach griechischer Ableitung) Thermometer, oder Thermoskope, Pyrometer, oder Pyroskope nennt und die jetzt überall in der civilisirten Welt angewendet werden.

Das Prinzip, nach welchem alle diese Instrumente construirt werden, ist die Veränderung des Volums, welche alle Körper durch Temperaturveränderungen erleiden.

Alle gleichartigen Körper, mit Ausnahme des Wassers, innerhalb weniger Grade seines Gefrierpunktes, dehnen sich in der Wärme aus und ziehen sich in der Kälte zusammen *). Ihre Ausdehnung gibt daher das relative Maß von ihrer Temperaturzunahme und ihre Zusammenziehung das von ihrer Temperaturverminderung. Dieses Gesetz gilt für gasförmige, tropfbar-flüssige und feste Körper und daher hat man zur Construction der Wärmemesser Substanzen in allen jenen drei Zuständen angewendet.

Zuerst wurden die Volumveränderungen, welche Gase oder luftförmige Körper erleiden, zu diesem Zwecke angewendet; dann Flüssigkeiten, wie Weingeist, Del oder Quecksilber und zuletzt wurden die Volumveränderungen der festen Körper dazu benutzt, um die höhern Temperaturveränderungen zu messen, welche gasartige und flüssige Substanzen zu sehr ausgebeht haben würden.

Eigentlicher müßten die Wärmemesser Thermoskope und Pyroskope genannt werden, allein in Uebereinstimmung mit dem gewöhnlichen Gebrauch nennen wir in dieser Abhandlung alle diejenigen Instrumente, die von der Ausdehnung gasförmiger und flüssiger Körper abhängen, Thermometer und alle diejenigen, bei denen die Ausdehnung der festen Körper das Maß der Temperatur ist, Pyrometer. Wir theilen daher den Gegenstand folgendermaßen ein.

I. Von dem gewöhnlichen Thermometer. Seine Geschichte und Construction.

*) Schon eine scheinbare Ausnahme, ist kein gleichartiger Körper, wie wir weiter unten sehen werden.

- II. Von dem Pyrometer.
- III. Von den Register-Thermometern.
- IV. Von den Differential-Thermometern und ihren Abänderungen.
- V. Von einigen besondern Anwendungen des Thermometers.

§. 1. Geschichte und Construction des Thermometers.

(Hierzu Fig. 16 — 22.)

Die Erfindung des Thermometers wird wie jede sehr nützliche Erfindung von mehren Naturforschern in Anspruch genommen.

Die italienischen Schriftsteller schreiben ihrem Landsmann Santorio oder Sanctorius, einem Venetianer und später Professor zu Padua, der zu Anfang des 17. Jahrhunderts lebte, Andere einem holländischen Bauer, Namens Cornelius Drebbel aus Alkmaar, der ein ausgezeichnete Chemiker und Mathematiker war, zu. Wir wollen die hierüber geführten Controversen nicht verfolgen, und bemerken nur, daß wahrscheinlich beide Männer zu gleicher Zeit die Erfindung gemacht haben, wie dies bei mehren wichtigen Erfindungen der Fall ist.

Sei dem nun wie ihm wolle, so war das Instrument wegen seiner mangelhaften Einrichtung nur wenig zu gebrauchen und es bedurfte erst der successiven Bemühungen verschiedener Physiker, um es zu einem einigermaßen genauen Anzeiger der Temperaturverschiedenheiten zu machen.

Das dem Sanctorius und dem Drebbel zugeschriebene Thermometer ist der Form und dem Prinzip nach ganz dasselbe. Es besteht aus einer Glasröhre, an deren einem Ende eine Kugel A (Fig. 16.) angeblasen und dessen anderes Ende offen ist. Ein Theil von der in der Kugel befindlichen Luft wird durch Erwärmen entfernt, und das offene Ende der Röhre wird in irgend eine, in der Schale c befindliche Flüssigkeit gesteckt. Indem sich nun die Kugel abkühlt, vermindert sich das Volum der darin eingeschlossenen Luft und die Flüssigkeit wird durch den Druck der Atmosphäre, bis nach b z. B., in der Röhre aufzusteigen genöthigt, bis sie das Volumen der von der Wärme vertriebenen Luft ersetzt hat. Wirkt nun abermals ein warmer Körper auf die Kugel A ein, so wird die Kugel wiederum ausgedehnt und drückt die Flüssigkeit in der Röhre nieder; und wenn diese Röhre ein Cylinder ist, so wird eine daran angebrachte Skale von gleichen Theilen den Beobachter in den Stand setzen, sich einen Begriff von der Verschiedenheit zwischen der relativen Temperatur der auf die Kugel einwirkenden Körper zu machen. Bei der Entfernung des erhitzten Körpers vermindert sich wiederum das Volum der eingeschlossenen Luft und die Flüssigkeit steigt durch den atmosphärischen Druck wieder in der Röhre in die Höhe, bis die Elasticität der in dem Instrument befindlichen Luft wieder im Gleichgewicht mit der es umgebenden ist. Man nennt die nach diesem Prinzip construirten Instrumente, Luftthermometer, weil ihre Wirkung von der Elasticität der Luft abhängt und da sie ursprünglich dazu angewendet wurden, die Veränderungen der atmosphärischen Temperatur anzugeben, so werden sie von den alten Schriftstellern unter dem Namen Wettergläser, eine außerdem auch den Barometern ertheilte Benennung, aufgeführt.

Drebbel scheint eine Art des Instruments erfunden zu haben, die genauer in ihren Angaben war. Die geringe Größe der Kugel machte sie weniger fähig, die Einwirkungen geringer Temperaturveränderungen aufzunehmen, als dies eine flache aber größere Linse zu thun im Stande ist und als eine solche wird die Kugel an Drebbel's Thermometer beschrieben, wie es die Fig. 17. A und B verdeutlichen.

Der Engländer Robert Flud beschrieb 1638 ein solches Thermometer, dessen Röhre steigend und fallend, für den Sommer und den Winter, eine jede Reihe in 7 Grade eingetheilt war. Es ist einleuchtend, daß der Gebrauch eines solchen Instruments sehr beschränkt war, daß es nie in höhern Temperaturen zu gebrauchen war. Außerdem ließen sich auch noch zwei bedeutende Einwürfe dagegen machen. Als Anzeiger der atmosphärischen Temperaturveränderungen wirkte nicht allein die Wärme und die Kälte, sondern es wirkte auch der veränderliche Druck der Atmosphäre darauf ein; auch waren die daran angebrachten Skalen willkürlich und ohne feste Punkte, denn die Vergleichung der Beobachter wurde mit verschiedenen Instrumenten gemacht.

Den ersten jener beiden Hauptmängel erkannte die Akademie der Wissenschaften zu Florenz und half ihm ab. In dem von derselben beschriebenen Thermometer ist, anstatt der Ausdehnung der Luft, die des Weingeistes zur Bestimmung der Temperatur angewendet worden. Das Instrument ist hermetisch verschlossen, oder die Röhre ist zugeschmolzen, nachdem soviel Weingeist hineingebracht worden, als zur Ausfüllung der Kugel und eines Theils der Röhre erforderlich ist. Die dabei angewendete Methode ist im Allgemeinen die noch jetzt gebräuchliche; namentlich darin, daß die Kugel in der Flamme einer Lampe erhitzt ward, um die Luft daraus zu vertreiben und das alsdann das offene Ende der Röhre in die, zur Füllung des Thermometers bestimmte Flüssigkeit getaucht wurde. Sowie sich die Kugel abkühlte, zwang der atmosphärische Druck die Flüssigkeit, in die Röhre und in die Kugel zu treten, um die darin gebildete Luftleere auszufüllen. Ist dies geschehen, so wird jede überflüssige Menge der Flüssigkeit durch abermaliges Erhitzen entfernt und die Röhre mittelst des Löthrohrs zugeschmolzen. — Eine Abbildung dieses Thermometers giebt Fig. 18.

Die florentinischen Akademiker scheinen auch die Nothwendigkeit, an der Röhre eine feste Skale anzubringen, gefühlt zu haben, allein ihre Versuche waren nicht sehr erfolgreich. Sie beschrieben das Thermometer als bestehend aus einer Kugel und einer Röhre von solcher relativen Größe, »daß wenn man es bis zu einem gewissen Zeichen an seinem Halse mit Spiritus ausfüllte, die Kälte des Schnees oder Eises kein Fallen unter 20 Grad, an der Röhre gemessen, sowie auf der andern Seite die stärkste Sonnenhitze keine größere Ausdehnung als 80 Grad veranlassen können.« Ein solches Verfahren war ohne Zweifel irrig, besonders da der letzte Punkt eine gänzlich unbestimmte Temperatur war. Auch die Theilungsmethode war schlecht. Die Röhre wurde mit einem Zirkel in zehn gleiche Theile getheilt, welche durch kleine Knöpfchen von weißem Email bezeichnet wurden. Diese zehn Theile wurden weiter eingetheilt und die Theilungspunkte mit schwarzem Email bezeichnet.

Dieses Instrument wurde verschiedentlich verändert, je nachdem es her damit zu erreichende Zweck erforderte. Die Kugel wurde vergrößert und die Stärke der Röhre vermindert, um das Instrument empfindlicher zu machen. Auch machte man die Röhre spiralförmig gewunden, um es leichter tragbar und weniger zerbrechlich zu machen.

Eine andere Erfindung der florentinischen Akademiker, um die Temperaturveränderungen anzugeben, muß hier erwähnt werden. Es bestand in hermetisch versiegelten Glaskügelchen von verschiedener spezifischer Schwere, die in eine weite, mit reinem Weingeist gefüllte Röhre gebracht wurden. Man notirte den Grad des florentinischen Thermometers, bis zu welchem jedes Kügelchen sank, und indem man nun dies Instrument in ein Zimmer hing, gab es, jedoch sehr langsam, die Temperaturveränderungen der umgebenden Luft an. Obgleich

diese Versuche noch sehr unvollkommen waren, so bahnten sie doch den Weg zu den wichtigsten Verbesserungen des Thermometers.

Nächst dem wendete der Engländer Boyle zuerst seine Aufmerksamkeit auf das Thermometer und zwar auf das Luft-Thermometer, oder sogenannte Wetterglas, welches er dadurch zweckmäßiger einrichtete, daß er am untern Ende der Röhre ein Gefäß für die Flüssigkeit und für die Luft anbrachte; und so konnte das Thermometer sehr bequem in eine Flüssigkeit getaucht, oder an jedem Körper angebracht werden, um dessen Temperatur zu bestimmen. Um das Thermometer, welches in den Figuren 19. und 20. dargestellt worden ist, zu construiren, steckte er eine cylindrische, an beiden Seiten offene Glasröhre in ein gläsernes Fläschchen und verschloß deren Deffnung mit Siegelack oder mit einem Kitt, nachdem vorher soviel von irgend einer Flüssigkeit in dieselbe gethan worden war, daß sie etwas höher als das untere Ende der Glasröhre davon umgeben wurde. Dehnt sich nun die in der Flasche befindliche Luft aus, so muß die Flüssigkeit in der Röhre in die Höhe steigen und zieht sie sich zusammen, so muß die Flüssigkeit sinken.

Boyle zeigte auch, daß keine Verbindung zwischen den Angaben eines offenen Luft-Thermometers unter verschiedenen Graden des atmosphärischen Druckes stattfinden könne. Auch bestätigte er es, daß wenn man die Kugeln verschiedener Thermometer in Flüssigkeiten von sehr verschiedenartigem specifischem Gewicht tauche, wie z. B. Quecksilber und Wasser, die Flüssigkeit in den Röhren in ungleichen Höhen stehen, obgleich man beide lange Zeit hindurch derselben Temperatur ausgesetzt habe.

Boyle bemühte sich ferner, die Skale des florentinischen Thermometers zu verbessern. Er schlug vor, einen festen Punkt an der Skale dadurch zu erhalten, daß man die Höhe der Flüssigkeit in der Röhre des Instruments notirte, wenn man die Kugel in schmelzendes Anisamendöl stellt, ein Punkt, welchen er dem schmelzenden Eise vorzog, da man ihn zu jeder Jahreszeit mit Leichtigkeit erhalten kann. — Dr. Halley schlug vor, die Skale durch die gleichförmige Temperatur einer Höhlung oder eines Gewölbes, wie z. B. das unter der Sternwarte von Paris befindliche, oder durch den Siedepunkt des Weingeistes zu reguliren. Auch den Siedepunkt des Wassers schlug er als Ausgangspunkt vor, da er denselben als unveränderlich und nicht von äußern Umständen abhängig ansah.

Der berühmte Newton sah die Wichtigkeit der Verbesserung des Thermometers ein. Er scheint auch die Nachteile des Weingeistes als füllende Flüssigkeit der Thermometer erkannt zu haben, und wendete daher Leinöl dazu an. Dasselbe hat den Vortheil, eine bedeutende Temperatur aushalten zu können, ohne ein Zerspringen der Röhre zu veranlassen, weshalb die damit gefüllten Thermometer zur Angabe höherer Temperaturgrade dienen können, als die Weingeistthermometer. Das Leinöl hat dagegen den Nachtheil, träger in seinen Bewegungen zu sein und mehr an der innern Seite der Röhre hängen zu bleiben, da seine Flüssigkeit in verschiedenen Temperaturen sehr bedeutend ist. Newton sah die Nothwendigkeit, zwei feste Punkte der Skale zu haben, ein. Er verfuhr bei der Gradeintheilung der Del-Thermometer folgendermaßen. Er nahm an, daß das Del beim Schmelzen des Schnees aus 10,000 gleichen Theilen bestehe, die bei der Wärme des menschlichen Körpers um 10,256, bei der Temperatur des stark stehenden Wassers um 10,725, bei der Temperatur, in welcher flüssiges Zinn erstarrt, um 11,516 Theile ausgedehnt würden. Im ersten Falle ist das Verhältniß der Ausdehnung 40 zu 39, im zweiten 15 zu 14 und im dritten

fast 15 zu 13. Nimmt man daher die Temperatur des Oeles in dem Verhältniß der Verdünnung und nimmt 12 als die Wärme des menschlichen Körpers an, so wird die Temperatur des stark siedenden Wassers 34 Grad und die des erstarrenden Finnes 72 Grad. — Zu derselben Zeit erregten auch noch mehre andere Fragen in Beziehung auf das Thermometer, die Aufmerksamkeit der Physiker, z. B. ob gleiche Zunahme der Temperatur gleiche Ausdehnungen der thermometrischen Flüssigkeit veranlasse.

Auch die Aufmerksamkeit der französischen Akademie der Wissenschaften wandte sich auf das Instrument, allein von einer Theilung nach festen Prinzipien war noch immer nicht die Rede. Das von Geoffroy herrührende verbesserte Boyle'sche Instrument ist in Fig. 21. abgebildet. Es war mit einer gefärbten Flüssigkeit gefärbt und die Kugel scheint mit der oben verschlossenen Röhre durch Kitt verbunden gewesen sein.

A. A m o n t o n s sah die Wichtigkeit fester Punkte bei der Thermometerskala ein und schlug vor, denselben von dem Siedepunkte des Wassers abzuleiten. Sein in Fig. 22. abgebildetes Thermometer bestand aus einer vier Fuß langen Röhre, die sich unten in eine aufwärts gebogene Kugel endigte, oben aber offen war. Das Maß der Temperatur war die Elasticität einer gewissen, in der Kugel eingeschlossnen Luftmenge und unterworfen einem, zwei Atmosphären gleichen Druck, indem man zu dem gewöhnlichen atmosphärischen Druck den einer Quecksilbersäule von 28 pariser Zollen fügte. Jeder halbe Zoll der Röhre war daher gleich einem Zoll bei gewöhnlichem Druck; und bei einem mittlern Druck von 28 pariser Zollen war das Volum der zusammengedrückten Luft wirklich gleich 56 Zoll unter dem gewöhnlichen Druck.

Es würde uns hier zu weit führen und dem Zweck der Schrift gänzlich zuwider sein, wollten wir die vielen andern Versuche erwähnen, die seitdem mit dem Thermometer gemacht wurden; wir können uns nur auf die wichtigsten beschränken, die unmittelbar zu der vollkommenen Ausbildung des Instruments führen.

Dr. H a l l e y scheint zwar schon die Idee gehabt zu haben, daß das Quecksilber die beste thermometrische Flüssigkeit sei, allein er führte sie nicht aus und so ist der Römer, der berühmte danziger Astronom, wahrscheinlich der, dem die Wissenschaft diese so wichtige Verbesserung verdankt. Auch hatte Römer die erste Idee zu der Skale, die nach Fahrenheit benannt wird, denn schon vor 1709 beobachtete er eine so starke natürliche Kälte, in welcher das Quecksilber bis zum Anfangspunkt der Skale herabsank. Nach dieser Zeit verfertigte Gabriel Fahrenheit, ein Danziger, der später in Amsterdam lebte, Thermometer nach diesem Prinzip, in solcher Vollkommenheit, daß er allgemein als der Erfinder derselben angesehen wurde; sie verbreiteten sich über das ganze nördliche Europa.

Der Nullpunkt der Römer'schen oder Fahrenheit'schen Skale soll von einer, durch Salz und Schnee hervorgebrachten künstlichen Kälte, nach andern Angaben aber von der stärksten, auf Island beobachteten Kälte abgeleitet worden sein. Die aufsteigende Reihe der Grade wurde durch das Zeichen + und absteigende, oder unter 0 befindliche, durch das Zeichen — bezeichnet.

Das Prinzip dieser eigenthümlichen Eintheilung ist folgendes. Wenn das Instrument auf dem Punkt der stärksten Kälte auf Island oder auf 0 Grad steht, so behauptete man, daß es 11,124 gleiche Theile Quecksilber enthalte, die sich, wenn man es in schmelzenden Schnee steckte, bis auf 11,156 Theile ausdehnen. Daher wurde der zwischen beiden Punkten befindliche Raum

in 32 gleiche Theile getheilt, da $11,156 - 11,124 = 32$ ist und 32° wurde als der Gefrierpunkt des Wassers angenommen. Wurde das Thermometer in siedendes Wasser gesteckt, so wurde das Quecksilber bis zu 11,336 Theile ausgedehnt und $11,336 - 11,124 = 212^\circ$ wurde als der Siedepunkt des Wassers angegeben. In der Praxis bestimmte Fahrenheit die Eintheilung der Skale durch zwei feste Punkte, durch das siedende und das gefrierende Wasser.

Der italienische Physiker Renaldi ni gebrauchte schon 1694 ein Quecksilber-Thermometer und machte den Vorschlag, die Eintheilung zwischen dem Gefrier- und dem Siedepunkte des Wassers durch successive Mischungen von bestimmten Gewichtsmengen von siedendem und eiskaltem Wasser zu bestimmen.

Die großen Vorzüge der Fahrenheit'schen Thermometer vor allen vorher erfundenen waren einleuchtend; sie verdienen den Vorzug noch jetzt dadurch, daß unter ihrem Nullpunkt der Beobachter nichts mit negativen Graden zu thun hat und daß die Eintheilung so klein ist, daß man bei den gewöhnlichen Operationen nie Bruchgrade anzuwenden braucht. Das Fahrenheit'sche Thermometer ist noch jetzt hauptsächlich in Holland, England und Nordamerika gebräuchlich.

Wir verdanken Fahrenheit auch die Kenntniß von den Schwankungen des Siedepunktes des Wassers nach dem verschiedenen atmosphärischen Druck. 1744 wurde diese Thatfache vollständig bestätigt, indem man fand, daß auf dem Gipfel des Pic du Midi das Wasser um 15° der Fahrenheit'schen Skale niedriger als zu Vagnères und hier um $3\frac{1}{2}^\circ$ niedriger als zu Bordeaux siede; wozugen man fand, daß die Höhe in der Atmosphäre keinen bemerkbaren Einfluß auf die Stabilität des Gefrierpunktes habe. Hierdurch wurde es möglich, den Siedepunkt des Wassers an den Thermometern weit genauer zu bestimmen.

Reaumur wendete bei seinem Weingeist-Thermometer den Gefrier- und den Siedepunkt des Wassers als feste Punkte an. Er schlug vor, gerade so starken Spiritus zur Füllung zu nehmen, daß er sich zwischen diesen beiden Punkten zwischen 1000 und 1080 ausdehne, daher er den Gefrierpunkt mit 0° und den Siedepunkt mit 80° bezeichnete. — Wahrscheinlich war de Luc der Erste, der diese Eintheilung auf die Quecksilber-Thermometer übertrug, die noch jetzt in Deutschland und früher in Frankreich und in vielen andern Ländern unter dem Namen der Reaumur'schen Thermometer im Gebrauch sind. Einwürfe gegen diese Skale sind die großen Grade, so daß man häufig Brüche anwenden muß und der stete Gebrauch von + und — bei gewöhnlichen Wärme- und Kältegraden.

De Lisle in St. Petersburg schlug ums Jahr 1736 vor, den Nullpunkt beim Sieden des Wassers zu setzen und bei der Eintheilung niederwärts zu gehen, so daß der Gefrierpunkt mit 150° bezeichnet wurde. Diese Theilungsmethode gewährt keine Vortheile und ist außerhalb Rußland nicht in Anwendung gekommen.

Im Jahre 1742 theilte der Professor Celsius zu Upsala die Skale der Thermometer von dem Null- bis zum Siedepunkte in 100 gleiche Theile und diese Eintheilung ist neuerlich unter dem Namen der hunderttheiligen (Centigrade) besonders in Frankreich allgemein geworden. Sie ist sehr natürlich und einfach, theilt aber die Nachtheile der Reaumur'schen. Man hat daher wiederholt vorgeschlagen, den Raum zwischen dem Gefrier- und dem Siedepunkte in noch mehr als 180 Theile, welche die Fahrenheit'sche Skale hat, einzutheilen; allein man ist der Gewohnheit wegen bei den ältern Skalen geblieben und hat bei feinem Beobachtungen lieber Bruchtheile von den Graden angegeben.

Uhard in Berlin erfand ein Instrument, welches die Skalen der Ther-

mometer und der Pyrometer sehr gut mit einander verbindet. Es besteht aus einer Kugel und einer Röhre von durchscheinendem, sehr stark gebranntem Porzellan, welche eine leicht schmelzbare Legirung von zwei Theilen Wismuth, einem Theile Blei und einem Theile Zinn enthält. In der Temperatur der Luft bleibt es fest in der Röhre, in siedendem Wasser wird es flüssig, dehnt sich bei steigender Temperatur aus und diese Ausdehnung kann durch die durchscheinende Röhre wahrgenommen werden, die ihresseits in gleiche Theile getheilt ist, welche die Temperatur, deren man die Kugel aussetzt, bezeichnet. Man muß sich wundern, daß dies so einfache Instrument nicht bei der Köpferlei u. angewendet wird.

§. 2. Geschichte und Construction der Pyrometer.

(Hierzu Fig. 23. bts 41.)

1. Die Unmöglichkeit, die bekannten Arten der Thermometer zur Bestimmung des Wärmegrades sehr heißer Körper anzuwenden, veranlaßte in der Mitte des vorigen Jahrhunderts den berühmten *Muschenbroek*, die Ausdehnung fester Metallstangen dazu anzuwenden; er nannte dieses Instrument *Pyrometer*.

Da die Ausdehnung der festen Körper sehr gering ist, so war es nöthig, irgend eine Methode zu erfinden, um sie bemerkbar zu machen, und der in Fig. 23. dargestellte Mechanismus war die von dem holländischen Naturforscher erfundene Einrichtung. *a* ist ein metallenes 58 Zoll langes und 0,3 Zoll starkes Prisma, welches in der senkrechten Platte *l, i* in einer Nuth steckt, in der es durch eine Schraube festgehalten und durch eine Lampe *b* mit fünf Dochten erhitzt wird. Das Prisma ist mit einer gezahnten Stange *c* verbunden, die 25 Zähne auf einem Zoll Länge hat und sich leicht auf einer Platte bewegt und auf derselben zurückgehalten wird. Die Zähne der Stange greifen in ein Getriebe *d* mit sechs Zähnen, die mit dem Rade *f*, welches sechzig Zähne hat, an derselben Welle sitzt. Dies Rad greift in ein anderes Getriebe *e*, welches ebenfalls sechs Zähne hat und mit dem Zeiger *g* an einer Welle sitzt. Dieser Zeiger dreht sich auf einer, in 300° getheilten Scheibe *h*. Die Folge dieser Einrichtung ist die, daß wenn die Ausdehnung des Metalls die gezahnte Stange *c* einen Zoll weit forttreibt, sich das Getriebe $4\frac{1}{2}$ Mal umdreht. Da sich nun das Rad *f* in demselben Verhältniß bewegt, so treibt es das Getriebe *e* und mit demselben den Zeiger g $10 \times 4\frac{1}{2} = 45$ Mal herum. Daher würde sich der Zeiger aber 45×300 Grad oder über 12,500 Abtheilungen der Skala bewegt haben. Jeder Grad derselben ist daher gleich $\frac{1}{12500}$ von einem Zoll der Ausdehnung des Prismas *a*. Ähnliche Prismen von verschiedenen Metallen auf gleiche Weise mit dem Instrumente in Verbindung gebracht, veranlaßten *Muschenbroek*, die verschiedene Ausdehnbarkeit des Stahls, Eisens, Kupfers, Messings und Bleies mit ziemlicher Genauigkeit zu messen. Jedoch ist die Bewegung so vieler Zähne immer etwas unsicher, weshalb dieses Pyrometer

2. von *Desagulier* verbessert wurde, der anstatt der Prismen Cylindermaß, die sich als Drähte leichter als Prismen von gleichen Dimensionen verschaffen lassen. Zu dem ersten Getriebe gebrauchte er Stahl, der mit der Feile etwas rauh gemacht worden war und zwar in derselben Richtung, wie die Zahnfränge. Dadurch erhielt das Instrument eine gleichartigere Bewegung. Das Zahnrad und das zweite Getriebe wurden durch ein Rad und eine Walze ersetzt, die Vertiefungen an ihrer Peripherie hatten, um eine Uhrkette aufzunehmen, durch welche die Bewegung dem Zeiger mitgetheilt wurde. Die Scheibe war quadratisch und beweglich, um die Uhrkette, wenn es erforderlich ist, spannen zu können.

Thermometer.

4

können. Eine dünne Platte von rauhem Stahl, $\frac{1}{100}$ Zoll stark und nach der ersten Walze zu etwas conver, wurde statt des Hakens angewendet. — Dieses, die feinsten Ausdehnungen angehende Instrument wurde bald verändert.

3. Das Pyrometer von John Ellicot in London, ist in Fig. 24. abgebildet. aa ist eine ebene Messingplatte, die auf eine starke Mahagoniplatte geschoben ist, mit welcher drei senkrechte messingene Platten bbb fest verbunden sind.

Die pyrometrischen Stücke bestehen aus zwei Metallstangen; die dünnere derselben cc besteht aus Stahl und mit ihrer Ausdehnung soll die aller übrigen Metalle verglichen werden. Ihr rechtes Ende liegt in einer Nuth in einem der Stücke b und wird durch eine Feder und eine Schraube m darin fest gehalten. Das andere Ende ist frei und drückt gegen eine Schnecke, die an der Welle des Hebels f sitzt. Die andere Stange ee ist ein Prisma von irgend einem Metall, dessen rechtes Ende auf dem Ende der Schraube l ruhet, wogegen das andere gegen eine Schnecke on der Ase des Hebels h drückt. Wenn die Stangen durch die Hitze der Spirituslampe g ausgedehnt werden, so bewegen sie die Hebel, mit jedem derselben eine dünne Uhrkette verbunden ist. Die Kette von dem Hebel f geht um eine Rolle, die $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser hat und die an der Ase befestigt worden ist, um welche sich der innere graduirte Kreis i der Scheibe oder des Zifferblattes bewegt. Die Kette von dem Hebel h geht über eine ähnliche Rolle an der Ase des Zeigers, wie man in der Figur sieht, und die Ausdehnungen der Stange c werden durch den Zeiger an dem äußern feststehenden getheilten Kreise angegeben. Beide Rollen haben eine um sie geschlungene Schnur, jede nach einer entgegengesetzten Richtung gehend und über die Rollen bei o zu dem Gewicht k gehend, welches als ein Gegengewicht wirkt und, indem die Stange kalt wird, den Zeiger und den beweglichen Kreis zurückbringt. Der Zeiger sowohl als der Kreis werden beide, mittelst der Schrauben l und m, bei jedem Versuch auf den Anfang der Skalen gebracht und wenn die Wärme die Stahlstange c, nach Angabe des innern Kreises, bis zu einem gewissen Grade ausgedehnt hat, so zeigt der Zeiger an dem äußern Kreise die relative Ausdehnung jeder andern Metallstange ee, die in das Instrument eingelegt worden ist.

Dieses Instrument wurde von dem Erfinder, einem Chronometermacher, hauptsächlich in der Absicht erfunden, um die relative Ausdehnung der Metalle zu bestimmen, welche gewöhnlich zur Construction der Chronometer angewendet werden. Dies ist ein wichtiger Gegenstand, weshalb mehre der besten Pyrometer erfunden worden sind.

An diesem Instrument beträgt der Durchmesser der Scheibe ungefähr drei Zoll; die Hebel sind $2\frac{1}{2}$ Zoll lang und die Verhältnisse der verschiedenen Theile sind so, daß eine Ausdehnung der Stange von $\frac{1}{20}$ Zoll den Zeiger um die ganze Scheibe bewegt; oder jeder Grad derselben gibt $\frac{1}{7200}$ Zoll der Verlängerung der Stange an. Als Durchschnitt zahlreicher Versuche gibt Ellicot die relative Ausdehnung von folgenden sieben Metallen an.

Stahl.	Eisen.	Gold.	Kupfer.	Messing.	Silber.	Blei.
56	60	73	89	95	103	149,

welches dem Verhältniß der Leitungsfähigkeit der verschiedenen Metalle näher steht, als irgend einer andern ihrer physikalischen Eigenschaften.

4. Das Pyrometer des Engländers. Cromwell Mortimer ist freilich nicht so genau, wie das Ellicot'sche, jedoch ist es deshalb bemerkenswerth, weil es zur Angabe der Veränderungen der atmosphärischen Temperatur benutzt werden kann.

ab Fig. 25. A. ist eine runde Stange von Messing oder Stahl, $\frac{7}{8}$ Zoll stark und 3 Fuß lang. Das obere Ende derselben endigt sich in eine ungefähr einem Zoll lange gehärtete Stahlspitze und geht in die Höhlung einer stählernen Platte, an der untern Seite des Hebels e, wogegen ihr unteres Ende auf einer Spitze ruhet, die bei d mit der Metallplatte verbunden ist. cd sind Eisenplatten, die bei d und an verschiedenen andern Punkten, wie die Figur angibt, mit einander verbunden sind. Bei xx sind sie halb rund gedreht, um erhitzte Körper, wie Sand oder Wasser, an der Stange anbringen zu können, die dann bis an ein gewisses Zeichen, z. B. b, in den erhitzten Körper gesteckt wird. Dieses Zeichen ist ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll von dem Boden entfernt. ef ist ein Hebel, der sich bei g rund um eine Ase bewegt. Von dem Ende des längsten Arms geht eine Schnur zweimal um die Rolle und an derselben ist ein Gewicht l von $\frac{1}{2}$ Pfund Schwere befestigt, wogegen an dem kurzen Hebelarm ein anderes Gewicht l befindlich ist, welches hinreicht, um dem Gewicht des längern Arms das Gegengewicht und den Punkt a in fester Berührung mit dem Hebel zu erhalten. mno ist eine Scheibe, in Fig. 25. B von vorn gesehen, deren Graduirung Reaumur's und Fahrenheit's Skala correspondirt, die durch einen Zeiger, der an der Ase der Rolle h befestigt ist, angegeben wird. Das Gestell des Instruments besteht aus Eichenholz. Der Hebel von p nach a ist 4 Zoll, von a nach g $1\frac{1}{2}$ Zoll, von g nach f 12 Zoll lang; die Rolle hat $\frac{1}{2}$ Zoll, die Scheibe 11 Zoll im Durchmesser.

Dieses Instrument scheint ziemlich genau gewesen und kleine Temperaturveränderungen der Atmosphäre ziemlich scharf angegeben zu haben; allein seine Größe ist unbequem und es ist daher gar nicht weiter angewendet worden.

5. Das in Fig. 26. abgebildete Pyrometer ist vom Hrn. Frotteringham, einem Viehmäster zu Lincoln, erfunden worden und vereinigt Einfachheit mit ziemlich großer Genauigkeit. Es sollte auch die Veränderungen der atmosphärischen Temperatur angeben. aa ist eine 4 Fuß lange und $1\frac{1}{2}$ Zoll breite eiserne Stange, die eine Oberfläche von polirtem Messing hat, das mit Stahlschrauben auf dem Eisen befestigt ist. Jedoch haben die Köpfe der Schrauben in der Messingplatte so viel Spielraum, daß sich die Eisenstange ohne jene ausdehnen und auf die Spitze b von gehärtetem Stahl wirken kann. Diese Spitze bewegt den Hebel c, welcher wiederum den Hebel d hebt, indem sich beide Hebel um genau concentrische Stifte bewegen. Von dem Ende des Hebels d geht eine Kette zweimal um die Rolle f, die an der Ase des Zeigers sitzt, der sich um dem graduirten Kreis g bewegt. Das Gegengewicht i bringt den Zeiger zurück, sobald die Hebel fallen. Die Schraube h dient dazu, den Zeiger auf den Anfang der Skala zu bringen.

6. Genauer als alle beschriebenen Pyrometer ist das von dem Engländer Smeaton erfundene, bei welchem die Ausdehnungen der durch Wasser erwärmten Stangen durch eine Mikrometerschraube gemessen werden, weshalb man das Instrument Mikrometer-Pyrometer nennt. Es ist in Fig. 27. abgebildet.

Die Basis des Instruments abcd besteht aus gutem Messing, welches man deshalb gewählt hat, da es eine mittlere Ausdehnbarkeit unter den Metallen hat. ef ist die zu messende Stange, die auf zwei Einschnitten ruht, von denen der eine an dem feststehenden senkrechten Stabe ab, der andere an dem Haupthebel hi befestigt ist. k ist eine feste, an die Basis befestigte Stange, welche die Enden von zwei Schrauben h l ausnimmt, um die sich der Haupthebel hi drehet. o ist eine schwache Stahlfeder, die den Zweck hat, den Hebel

gegen das Ende der Stange zu drängen; p ist eine Stoßstange, um den Hebel zu halten, wenn die Stange weggenommen worden ist. t wird der Fühler genannt; er hat die Gestalt des Buchstabens T, und hängt frei ist, aber ohne Stoß; zwischen den Spizen der Schrauben m n q ist der Griff des Fühlers, welcher in einem losen Gelenk beweglich ist, so daß der Fühler durch den Griff bewegt werden kann, ohne durch den Druck der Hand unregelmäßig berührt zu werden. Das Hauptstück des Instruments ist s, die Mikrometerschraube, und w die an der Schraube befestigte getheilte Scheibe oder Zeigerplatte, welche die Umgänge der Schraube an dem Index v angibt. Die Mikrometerschraube geht durch zwei feste Köpfe, die mit correspondirenden Schraubenmutter durchbohrt sind. Das Stück y z ist etwas federartig gemacht und sucht die Schraube von d abzuziehen. Es wird dadurch eine gleichförmige und leichte Bewegung hervorgebracht.

Wenn das Instrument gebraucht werden soll, so wird es in einen Kasten von verzinnem Blech gestellt, dessen Größe durch die punktirten Linien angegeben ist und der mit Wasser angefüllt wird. Das Gefäß wird durch sieben, darunter angebrachte Lampen erhitzt, hat einen Deckel und in dem Wasser hängt ein delicates Quecksilberthermometer, um die angewendete Temperatur zu reguliren und zu bestimmen, welche jedoch die des siedenden Wassers nicht überschreiten darf.

Durch die Ausdehnung der Stange wird der Hebel und mit ihm der Fühler gegen das Ende der Mikrometerschraube gedrückt, welches, sowie das des Fühlers, aus gehärtetem Stahl besteht. Der Griff q wird davon abwärts gelegt und durch denselben wird der Fühler auf- und nieder bewegt, wogegen die Schraube so lange gedreht wird, bis die Stahlspitze mit ihrem Ende in Berührung kommt. Hr. Smeaton fand, daß er diese Berührung genauer durch das Ohr als durch das Auge und das Gefühl beurtheilen könne.

Die Striche an der Scheibe, die an ihrer Kante und durch die Eintheilung des Zeigers gezählt werden, geben die Ausdehnung der Stange an; und ihre Länge, wenn sie erkaltet ist, kann auf dieselbe Weise vor oder nach dem oben beschriebenen Experiment gefunden werden. Bei diesem Instrument wirkt die Stange gegen den Mittelpunkt eines einarmigen Hebels, dessen Ruhepunkt an der Basis befindlich ist; und wenn beide ausgebeht werden, so bewegt sich das freie Ende des Hebels durch einen Raum, der die doppelte Länge von der Differenz zwischen der Ausdehnung der Stange und der Basis ist. Wenn wir daher die Länge des Hebels von seiner Axe bis zu dem Aufhängungspunkte des Fühlers, die Entfernung von jener Axe bis zu dem Berührungspunkte der Stange, die Anzahl der Windungen auf einen Zoll Länge der Mikrometerschraube und die Anzahl der Grade auf der Scheibe kennen, so kann man den Werth dieser Grade in Brüchen eines Zolles berechnen. Die Dimensionen des Instruments sind folgende:

Von der Hebelaxe bis zu dem Aufhängungspunkte	5,875 Zoll.
Von dem Ruhepunkte bis zu dem Berührungspunkte	2,895 "
Länge von 70 Gängen der Schraube	2,455 "
Eintheilung der Scheibe 100°.	

Daher ist der Werth jedes Grades der Scheibe = $\frac{1}{37863}$ eines Zolles. Es waren durch dies Instrument $\frac{23145}{37863}$ eines Zolles von der Ausdehnung der Stange bemerkbar. Dieses Pyrometer hat sehr zur Vervollkommnung der Construction der astronomischen Uhren und Chronometer und der geodätischen Instrumente beigetragen.

7. Das nun folgende metallische Thermometer des Engländers

Keane's Figgeralb ist hauptsächlich zur Bezeichnung der atmosphärischen Temperatur anwendbar. Seine Construction ist aus Fig. 28. ersichtlich.

Die Basis des Instruments ist ein Stück gut ausgetrocknetes Tannenholz, an der ein System von Hebeln befestigt worden ist; aa ist die pyrometrische, 2 Fuß lange Stange, deren oberes Ende gegen den Ruhepunkt z stößt, wogegen das andere Ende auf einer kleinen metallenen Halbkugel, an dem kurzen Arm des Hebels b ruht. Der lange Arm dieses Hebels ist $2\frac{1}{2}$ Mal so lang, als der andere. b ist durch einen Zapfen mit der Stange c verbunden, die 2 Fuß 2 Zoll lang ist und gegen den kurzen Arm von d drückt, und der lange Arm von d ist $2\frac{1}{2}$ Mal länger, als der andere. Die Stange e ist 2 Fuß 4 Zoll lang und ist mit f verbunden, deren langer Arm 4 Mal länger als der kurze ist und in ein Zirkelstück endigt und mit dem untern Ende von der Stange g durch eine Uhrkette verbunden ist. Diese letztere Stange ist 3 Fuß lang und wird, sich weiter schiebend, durch zwei Frictionsrollen p und v senkrecht erhalten. Ihr oberes Ende ist mit dem Hebel y verbunden und gegen die Rolle h übt sie eine Reibung aus. Dem Gewicht der Hebel zc. wird durch die Federn m und o die Wage gehalten und die Federkraft von y wird fast durch den Druck von x neutralisirt. Die Rolle h ist in $2\frac{1}{2}$ Fuß Entfernung von dem untern Ende von g befestigt und hat 3 Zoll im Durchmesser. Zwei Schnüre, an der Feder q befestigt, gehen zweimal in verschiedener Richtung um die Rolle h herum und gehen über die Rolle bei f, welche respective 1 und $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser haben. Diese letztern sitzen mit den Zeigern kl an einer Welle, wie die Zeiger einer Uhr. Die Scheibe oder das Zifferblatt hat 12 Zoll im Durchmesser und der Zeiger l rückt 48 Mal und der Zeiger k 12 Mal weiter, als die Stange g. Die Scheibe hat drei kreisförmige Skalen; die innere ist in 240° getheilt, die denen des Fahrenheit'schen Thermometers correspondiren; die mittlere in 360° und die äußere in 1080 Theile.

Als Thermometer gebraucht, welches eigentlich der Zweck des Instrumentes ist, bezeichnet der Zeiger k 74 Theile innerhalb der äußersten Punkte der gewöhnlichen atmosphärischen Temperatur in unserm Klima und 212 Theile von dem Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte des Wassers.

Da es schwer hielt, verhältnismäßige Federn als Gegengewicht der Hebel anzuwenden, verbesserte Herr Figgeralb sein Instrument dadurch, daß er Rollen und Gegengewichte anbrachte, wie Fig. 29. zeigt und daß er es sehr sinnreich in ein Registerthermometer verwandelte, indem er zwei leichte Zeiger aa anbrachte, die an zwei messingene Kreise befestigt wurden, die sich zwischen Frictionsträdern bewegten, die mit einem feststehenden Kreis verbunden waren. Sie waren so empfindlich eingerichtet, daß sie sich leicht durch ein Gewicht von 8 Gran, welches an sie gehängt wurde, bewegen ließen. Diese Zeiger wurden durch einen kleinen Knopf an der untern Seite des Index f in entgegengesetzten Richtungen bewegt; letzterer erhielt seine Bewegung durch eine Rolle, die von der Rolle h über ein kleines Rad an seiner Ase ging.

Die Temperatur-Veränderungen der Atmosphäre wurden durch dieses Instrument sehr genau angegeben.

8. Der englische Mechaniker Ferguson hat zwei Pyrometer erfunden und beschrieben.

Das erste derselben (Fig. 30.) kann bloß zur Angabe der Ausdehnung der Körper in der Hitze angewendet werden, und ist auf folgende Weise construirt. aa ist ein Brettchen von Mahagoniholz, an welchem vier messingene Vorsprünge angebracht worden sind. Von denselben ist b mit einer Schraube versehen, um

die Pyrometerstange f zu ajustiren, die sich in Nutzen in den Vorsprüngen e d bewegt. Das Ende der Stange drückt gegen den gebogenen Hebel g , der auf den Index i wirkt. Der Vorsprung e hält die Feder h , welche den Index zurückbringt, sobald die Stange kalt geworden ist. Die Stange trifft den einarmigen Hebel g auf $\frac{1}{20}$ seiner ganzen Länge; wenn sie sich daher um $\frac{1}{1000}$ Zoll ausdehnt, so bewegt sich der Index um $\frac{1}{10}$, da derselbe von dem Hebel auch in $\frac{1}{20}$ seiner Länge berührt und seine Bewegungen $20 \times 20 = 400$ mal die der Stange beträgt.

Die Skale ist in Zolle und Zehntel getheilt und das Instrument ist sehr empfindlich. Wenn die Stange f hinreichend warm ist, so wird sie mit einem Stück Flanell ergriffen und in das Instrument gebracht.

Das zweite der von Ferguson erfundenen Pyrometer, welches weit empfindlicher als das erste ist, da es eine Ausdehnung von $\frac{1}{45000}$ und selbst von $\frac{1}{70000}$ eines Zolles angibt, ist in Fig. 31. abgebildet.

Der Rahmen a b besteht aus Mahagoni-Holz und ist mit kurzen Füßen versehen, so daß eine Lampe darunter gesetzt werden kann, um die Stange f zu erhitzen. Das eine Ende dieser Stange liegt in dem Metallstück g und das andere drückt, nachdem es über eine Frictionsrolle an dem Querriegel h h gegangen ist, gegen den kurzen Hebel ee . Die Art und Weise, wie dieser kurze Hebel auf den Index wirkt, sieht man in der Fig. 31. begleitenden Figur A, wo k der kurze Hebel ist, der sich unter der Scheibe d zwischen Frictionsrollen bewegt. An der Seite von k sind 15 Zähne befindlich, die in die 12 Zähne des Getriebes l an der Axe des Rades m greifen. Dieses Rad hat an seiner Peripherie 100 Zähne, welche in die 10 Zähne des Getriebes n greifen, die an der Axe des Rades o mit 100 Zähnen greift, welches wiederum das Getriebe p mit 10 Zähnen treibt, welches an der Welle des Index sitzt.

Da die Räder m und o ein jedes 100, und die Getriebe n und p 10 Zähne haben, so ist es klar, daß wenn das Rad m einen Umgang gemacht hat, das Getriebe p und mit ihm der Index 100 Umgänge gemacht haben werden. Da das Getriebe l zwölf und die Stange k funfzehn Zähne auf einen Zoll Länge hat, so ist es einleuchtend, daß wenn sich k einen Zoll weiter bewegt, das Getriebe l $1\frac{1}{2}$ und das Getriebe p nebst dem Index $100 \times 1\frac{1}{2}$ oder 125 Umgänge gemacht haben werden. Der Kreis dd ist in 360° eingetheilt und da er 11 Zoll im Durchmesser hat, so konnte er auch noch halbe Grade erhalten. Daher wird jeder Grad des Kreises gleich einer Ausdehnung der Stange f von $125 \times 360 = \frac{1}{45000}$ Zoll sein; und da man auch halbe Grade leicht auf der Scheibe unterscheiden kann, so ist auch selbst eine Ausdehnung der Stange von $\frac{1}{70000}$ Zoll zu messen. Um die Welle von n ist mehrmals ein seidener Faden gewunden und geht nach der schwachen Feder s , wodurch die Zähne der Räder und Getriebe fest aneinander gehalten und alle Räder und Getriebe zurückgeführt werden, wenn die Abkühlung der Stange f den Rückgang der kurzen Stange ik veranlaßt.

Der innere Kreis der Scheibe ist in acht Theile getheilt, die eben so vielen Tausenden eines Zolles von der Ausdehnung der Stange f correspondiren, oder $\frac{1}{7000}$ Theil eines Zolles für jeden Grad des äußern Kreises, über den sich der Index bewegt hat. Stangen von verschiedenen Metallen, die eine gewisse Zeit lang in g gelegt und der Einwirkung derselben Lampen ausgesetzt werden, liefern eine Angabe ihrer relativen Ausdehnbarkeit. Um nun gleich starke Stangen zu erlangen, müssen alle durch dieselbe Oeffnung eines Drahtzieheisens gezogen werden. Jedoch kann mit diesem Instrument die Temperatur, der jede Stange

ausgesetzt ist, nicht genau gemessen werden; und ungeachtet seiner leichten Bewegungen, ist es doch nicht so gut, als das Lillco'sche, da ihm eine unveränderliche und gleichförmige Regel fehlt, um die Ausdehnungen bei jedem besondern Experiment zu vergleichen.

10. Eine neue Methode, die Ausdehnbarkeit verschiedener Substanzen zu bestimmen, wurde von dem verstorbenen Ramsden angegeben und von dem sinnreichen und unermüdblichen de Luc versucht, dessen Untersuchungen über das Barometer dem Gegenstande ein steigendes Interesse gaben. Die relative Ausdehnung der festen Körper wurde durch Beobachtung mit einem Mikroskop, das mit einem Mikrometer versehen ist, bestimmt. Das mikroskopische Pyrometer de Luc's ist in Fig. 32. abgebildet und es bedeutet a b ein starkes Brett von sehr trockenem Tannenholz. Mit demselben ist der Rahmen cccc fest verbunden, so daß, wenn ab senkrecht aufgehängt ist, die Vorderseite des Instruments mit dem Mikroskop dd dem Beobachter zugekehrt ist.

Das Mikroskop ist durch die Arme ee und durch den Quertlegel f fest mit dem Rahmen verbunden, und das Ganze dieses Apparates kann durch die Schieber gg auf und nieder bewegt werden. Diese Schieber können durch die Schrauben ii festgestellt werden. Das Mikroskop hat eine vollkommen horizontale und eine solche Stellung, daß ein, einen vollen Zoll von der Linse entfernter Gegenstand genau gesehen werden kann; und es ist mit einem bei k beweglichen Mikrometer versehen, um die Ausdehnungen der, den Versuchen unterworfenen Stangen zu bestimmen. Ein dickes Stück Tannenholz l ist oben auf dem Gestell angebracht. Es liegt in einer Vertiefung in der Hinterwand a b und wird vorn durch die Schraube h festgehalten. Es hat eine Oeffnung, die mit einem Stück Kork m ausgefüllt ist, welches dicker als das Holz, unten aber mit demselben gleich ist. Der Kork ist alsdann senkrecht durchbohrt, um die Glasstange o o o aufzunehmen, die in einem dünnen gläsernen Cylinder p von 21 Zoll Höhe und 4 Zoll Weite, der mit Wasser angefüllt ist, hängt. Die Glasstange ist der Vergleichungspunkt und mit derselben ist eine Stange ss von dem zu untersuchenden Metall durch zwei vereinigte Ringe rr verbunden, die durch zwei Schrauben die Stangen festhalten. Ein anderer Ring v ist höher hinauf angebracht, allein durch ihn bewegt sich die Stange ss frei, wogegen er die Glasstange durch eine Schraube festhält. Ein sehr empfindliches Thermometer hängt in dem Mittelpunkt des Cylinders p, um die Temperatur des Wassers anzugeben, welches von Zeit zu Zeit durch die Stange qq umgerührt wird, um eine gleichförmige Temperatur zu erlangen. Das Wasser kann durch den Hahn x abgelassen werden.

Wenn der Apparat gebraucht werden soll, so wird warmes Wasser in den Cylinder gegossen, um die Stangen zu erhitzen und durch die Schraube n werden die Stangen in den Focus des Mikroskops gebracht. Das Thermometer gibt den Grad der angewendeten Wärme an, und mittelst Zeichen an den Stangen wird ihre relative Ausdehnung in Theilen des Mikrometers angegeben, deren Werth durch frühere Experimente bekannt geworden ist. Die Verbindung der Stangen ist in A deutlicher dargestellt. Uebrigens ist es ganz unnöthig, ein Instrument näher zu beschreiben, welches durch das unter Nr. 12. zu beschreibende weit übertroffen wird.

11. Aus den Experimenten mit diesem Instrument erfand de Luc eine Verbesserung für die Barometerskala für die Temperatur, durch das sogenannte metallische Thermometer. Die Barometerskala wurde an eine Metallstange von bekannter Ausdehnbarkeit befestigt, um die Skala in genauem Ver-

hältniß zu der Ausdehnung des Quecksilbers zu machen. Alsdam gibt die bloße Skala die wahre Höhe an, ohne daß man die Formel der Correction für die Temperatur anzuwenden braucht, wie es bei gewöhnlichen Beobachtungen der Fall ist.

12. Das zusammengesetzteste, aber auch vollkommenste Instrument, um die relativen Ausdehnungen der festen Körper zu bestimmen, ist das mikroskopische Pyrometer von Ramsden, welches dieser ausgezeichnete Künstler erfand und ausführte, um mit größtmöglicher Genauigkeit die Ausdehnbarkeit der Stangen zu bestimmen, die der General Roy zu einer trigonometrischen Aufnahme von England anwendete. Fig. 33. enthält Grundriß und Durchschnitte dieser schönen Erfindung und obgleich wir hier nicht in genaue Details über die einzelnen Theile des Instruments eingehen können, so wird eine allgemeine Beschreibung doch hinreichend sein, um seine Construction darzuthun und um die Sorgfalt zu zeigen, die zur Anfertigung der feinern geodätischen Instrumente verwendet werden muß. Ramsden's Pyrometer wird auf eine starke und gut angefertigte, 5 Fuß lange 28 Zoll breite und 42 Zoll hohe Tafel von recht trockenem Tannenholz befestigt, von welcher Fig. 33. B eine Endansicht gibt; der Grundriß des obersten Endes wird am besten aus einer Ansicht von B deutlich werden. *ab* und *cd* sind Kästen von Tannenholz, die fest an die Tafel geschoben, die 3 Zoll weit und etwas länger als das Gestell sind. *ab* springt etwas über die Tafel vor, allein *cd* liegt in gleicher Linie mit dem Gestell, wie man in B sieht. Jeder Kasten oder Trog enthält ein gußeisernes Prisma, von dem jede Seite $1\frac{1}{2}$ Zoll breit ist und dessen Enden an den Enden *a* und *c* durch messingene Klammern und durch Schrauben, wie in G zu sehen ist, stark befestigt sind, wogegen sich die Enden *b* und *d* in losen Klammern leicht bewegen können, wenn die Dimensionen der Prismen durch die Temperatur verändert werden. Das Prisma *ab* heißt das Augenprisma, weil es an jedem Ende das Ocularstück der Mikroskope *lmn* und *opr* hat, die in F und E nach einem größern Maßstabe ausgeführt sind. Das andere Prisma heißt das Zeichenprisma, weil es an dem einen Ende mit dem Zeichen *l* und an dem andern mit den Kreuzfäden *H* versehen ist. *ef* ist ein kupfernes Gefäß (Kessel), $2\frac{1}{2}$ Zoll weit und $3\frac{1}{2}$ Zoll tief und etwas kürzer als die hölzernen Gefäße. Der Mittelpunkt dieses Kessels oder vielmehr der Objectivlinse, die senkrecht darauf steht, ist 5,81 Zoll von den Kreuzfäden des Zeichens in *cd* und 20,33 Zoll von dem Faden des Mikrometers, welches an dem correspondirenden Augenstück angebracht ist, entfernt. Der Kessel ruht auf fünf kleinen Rollen, die der vergrößerte Durchschnitt D zeigt. Der Kessel sowohl als die Tröge haben rechter Hand einen Hahn. In dem Grundriß A ist eine Stange in dem Kessel befindlich, um die Lage der zu untersuchenden und zu messenden Stangen zu zeigen. Das Wasser in dem Kessel wird durch die zwölf Spirituslampen *gggg*, die auf vier beweglichen Gestellen stehen, erhitzt; wenn diese Lampen unter dem Kessel stehen, so sieht man bloß die Griffe *h h h h* der Gestelle.

Der Kessel enthält einen andern wesentlichen Theil des Apparates, nämlich zwei messingene Schieber, aus zwei Backen bestehend, die in gleichen Entfernungen durch Querstangen festgehalten werden, wie man in C sieht, wo ein Prisma oder eine Stange, als im Mittelpunkt der Schieber liegend, dargestellt ist. Der lange Schieber reicht von Mikroskop zu Mikroskop und hat $1\frac{1}{2}$ Zoll hohe Wangen. Er ist bloß an dem Punkt *w* mit dem Kessel verbunden und bewegt sich auf der kleinen Rolle *x* links von D. Das rechte Ende des langen Schiebers wird von einem starken Stück Messing *yy* festgehalten, welches zwei Ringe für den *n* des festen Mikroskopes hat. Der kurze Schieber *vvvv* ist nur

14½ Zoll lang; ihre Backen sind 1½ Zoll hoch und werden durch Querstücke parallel gehalten, wie man in D sieht. Er bewegt sich in dem langen Schieber und sein äußerstes Ende ruht auf der cylindrischen Oberfläche der letzten Klammer des langen Schiebers, die dazu eingerichtet ist, es aufzunehmen, wogegen die schmale lange Stange z sich frei in der Nuth der Brücke B bewegt, die in dem langen Schieber angebracht ist. Das äußere Ende des kurzen Schiebers wird durch eine ähnliche Klammer wie das entgegengesetzte Ende des langen Schiebers festgehalten. Die zu messende Stange stößt gegen das Messingstück y und ruht auf den drei Rollen sss, die einen Zoll im Durchmesser haben. Im Mittelpunkte der Schieber wird sie durch drei geschlagene Rollen eee versehen, damit die Schraube ebenfalls nicht zu stark auf die Kanten der eisernen Stange presse. Bei k ist eine Röhre und ein Draht vorhanden, die sich durch einen Hals von gelbtem Leder bewegen, welches mittelst einer schneckenförmigen Feder ein flaches, mit dem Drahte verbundenes Stück Metall gegen das befestigte Ende des kurzen Schiebers und der zu messenden Stange drückt, um das andere Ende der Stange in Berührung mit y zu erhalten.

Wird nun die Stange erhitzt, so dehnt sich die Stange aus, überwältigt den leichten Widerstand der Feder, schiebt den kurzen Schieber vor sich her und mit demselben die Röhre mit der Objectiv-Linse des Mikrometer-Mikroskops o, p, r, ein Raum, der proportional der angewendeten Temperatur ist; und dieser durch das Mikrometer gemessene Raum ist es, welcher den numerischen Werth der Ausdehnung der Stange bestimmt.

Die Mikroskop-Röhren sind in drei Stücke getheilt, um auch Stangen messen zu können, die kürzer als fünf Fuß sind. Zu dem Ende kann die centrale Schugröhre des festen Mikroskops, welche an dem Mahagoni-Prisma ik durch einen Hals befestigt worden ist, überall an dem Prisma bewegt werden; eben so das Augenstück. Bloß die Objectiv-Linsen-Röhre blieb in den Ringen des Schiebers und eine andere Linse von demselben Focus wurde in passenden Entfernungen an der Wacke des Schiebers angebracht.

Das zum Vergleichen dienende Prisma wurde während eines jeden Experimentes auf dem Gefrierpunkte erhalten, indem man es mit gestoßenem Eis umgab. Die Mikroskope wurden nun dadurch gehörig gerichtet, daß sich die Kreuzfäden decken mußten und dann wurde die zu messende Stange auch mit Eis umgeben. Darauf wurden die Lampen unter den Kessel gebracht, und die Verlängerung der Stange in der Siedhitze wurde durch das an das Mikroskop o p r angebrachte Mikrometer bestimmt. Bei diesen delicates Untersuchungen waren zwei Beobachter erforderlich, die gleichzeitig beide Mikroskope gebrauchten, um jede Veränderung, die an dem festen Ende der Stange vor sich gegangen ist, wahrnehmen zu können; auch wurde, der größten Genauigkeit wegen, jeder Versuch doppelt gemacht. Der Werth der Angaben des Mikrometers, wovon so viel abhängt, muß zuvor bestimmt werden.

Der Kopf der Mikrometerschraube hat 0,9 Zoll im Durchmesser und war in funfzig gleiche Theile getheilt, von denen jeder für zwei gerechnet wurde, so daß 100 Theile vorhanden waren. 55 Schrauben-Umgänge sind gleich 0,77175 eines Zolles, so daß auf einen Zoll 71,27 Schrauben-Umgänge gehen. Sieben Umgänge und nahe $\frac{1}{100}$ bewegen das Mikrometer-Draht $\frac{1}{10}$ Zoll; folglich correspondirt $\frac{1}{100}$ Theil eines Umganges, oder ein halber Theil des Kopfes einer Bewegung von etwas mehr als 0,00014 Zoll. Da nun 7,13 Umgänge gleich 0,1 Zoll an den Drähten gefunden worden sind, so ist es einleuchtend, daß die an dem Zeichen correspondirende Zahl auch = 0,1 Zoll gefunden und jener hin-

zugefügt wird. Ihre Summe gibt das Maß von 0,1 Zoll an der Objectivlinse des Mikroskops opr , oder den Raum an, durch welchen sich das freie Ende der Stange durch die Temperaturveränderungen bewegt hat. Dieser letztere Punkt wurde durch Versuche = 24,93 Umgänge des Mikrometerkopfes gefunden, wozu 7,13 kommen, das Ganze also = 32,06 beträgt, denn da die Anzahl der Umgänge eine Bewegung von 0,1 an der Objectivlinse, oder eine Ausdehnung von $\frac{1}{10}$ Zoll mißt, so ist eine halbe Theilung des Mikrometerkopfes gleich einer Ausdehnung der zu untersuchenden Stange von $\frac{3206}{1000}$ Zoll, und eine viertel Theilung, die leicht mit dem Auge wahrgenommen werden kann = $\frac{8015}{1000}$ Zoll.

Dieses sehr empfindliche mikroskopische Pyrometer ist zwar nicht zu gewöhnlichem Gebrauche anzuwenden, allein zu den oben angegebenen Zwecken und zu Versuchen über die Gesetze der Wärme, ist es ganz vorzüglich.

13. Die bis jetzt beschriebenen Instrumente sind in sehr hohen Temperaturen, oder zur Bestimmung der Hitze in verschlossenen Feuerräumen unanwendbar. Um nun diesem, in so manchen Fällen in den Künsten und Gewerben wesentlichen Mangel abzuhefen, nahm der berühmte englische Fabrikant Wedgwood den Vortheil wahr, welchen die Eigenschaft des Thones, sich in der Hitze zusammenzuziehen oder zu schwinden und dann in diesem geschwundenen Zustande zu bleiben. Diese Eigenschaft ist, genau genommen, keine Ausnahme von dem allgemeinen Gesetze der Ausdehnung der Körper in der Hitze, da Thon kein gleichartiger Körper, sondern ein mechanisches Gemenge von Thonerde und Kiesel ist, die durch den Einfluß der Hitze in eine nähere Verbindung gebracht werden und demnach ihr Volum verändern, bis sie in eine Temperatur kommen, die hoch genug ist, um sie zu schmelzen, d. h. sie in eine homogene Masse zu verwandeln, worauf das Produkt dem allgemeinen Gesetze, sich in der Hitze auszudehnen, folgt. Sich dieser Eigenschaft bedienend, wendete Wedgwood als pyrometrische Stücke Cylinder von feinem Porzellanthon an, die auf der einen Seite eine Fläche haben, wie man an AB, Fig. 34. sieht, und die dadurch gebildet werden, daß man sie in eine eiserne Röhre drückt und dann in einem Töpferofen brennt. Nach wiederholten Versuchen fand Wedgwood, daß sich die Thoncylinder immer mehr und mehr, in einem gleichförmigen Verhältniß zu dem Hitzgrade, welchem sie unterworfen wurden, zusammengezogen und in diesem zusammengezogenen Zustande verharreten, so daß, wenn man sie kalt in eine Skale brachte, man eine Angabe des Hitzgrades erhielt.

Die von Wedgwood angewendete Skale, Fig. 34., besteht in zwei messingenen Stangen, $\frac{1}{2}$ Zoll im Quadrat stark und zwei Fuß lang, die *convergirend* auf einer Messingplatte befestigt worden sind, so daß ihre Entfernung an dem einen Ende gerade 0,5 und an dem andern 0,3 Zoll beträgt. Der Bequemlichkeit wegen sind die Stangen gewöhnlich getheilt und, wie in der Figur, an einer Platte befestigt, an der sie zwei, fast parallele Vertiefungen bilden. Mit der oben erwähnten Convergenz ist die ganze Vertiefung in Zolle und Zehntel getheilt, die in der ganzen Skale 240 Grade ausmachen; und je höher die Temperatur ist, der das pyrometrische Stück unterworfen, je weiter hinauf wird es in der Skale gleiten.

Um seine Skale mit der des Fahrenheit'schen Quecksilber-Thermometers zu vergleichen, mit welchem keine Temperatur über 600° gut gemessen werden kann, wurde Hr. Wedgwood veranlaßt, die Ausdehnung pyrometrischer Stücke von feinem Silber anzuwenden. Zuvörderst wurden die Ausdehnungen des Silbers bei 50° und 212° Fahrenheit beobachtet und dann wurden die pyrometrischen Silber- und Thonstücke mit einander in derselben Temperatur ver-

glichen. Wedgwood schätzte daher jeden Grad seiner Skale gleich 130° Fahrenheitheit und fand, daß 0° seiner Skale $1077,5^{\circ}$ der Fahrenheit'schen correspondire. Nach diesen Prinzipien sind vergleichende Tabellen beider Skalen gemacht allein ihre Genauigkeit hängt von zwei Umständen ab, die noch nicht genügend bestimmt worden sind. Da der Thon ein heterogenes Gemenge ist, so folgt durchaus nicht, daß seine Contractionen in verschiedenen Temperaturen gleichförmig seien; und wenn dies auch wirklich der Fall wäre, so ist es doch sehr zweifelhaft, wie weit die Vergleichung der beiden Skalen richtig sei.

Eine andere wesentliche Einwendung gegen den allgemeinen Gebrauch des Instruments ist der, daß verschiedene Arten von Thon einen verschiedenen Grad der Zusammenziehung besitzen und diese Verschiedenheit findet selbst bei Thon von einerlei Fundort statt. Wedgwood wendete daher ein künstliches Gemenge von zwei Theilen Kiesel und drei Theilen reiner Thonerde, welche mit $\frac{1}{2}$ ihres Gewichts Wasser zu einem Teige angemacht wurden. Dieser Teig wird dann in metallene Formen gestampft, die 0,6 Zoll weit, 0,4 Zoll tief und 1 Zoll lang sind; die gebildeten Thonstücke werden lufttrocken gemacht und dann in eine andere Form gezwängt, die genau einen halben Zoll weit ist und die in der Figur mitgetheilte Form hat. Ehe sie nun gebrannt sind, gehen sie gerade in das weiteste Ende der Skale und bleiben bei 0° liegen. Wenn sie durch Brennen $\frac{1}{2}$ ihres Volums vermindert haben, so gehen sie bis zu 120° der Skale, und wenn sie sich bis auf $\frac{1}{3}$ verkleinert haben, so gehen sie bis zu 240° oder bis ans Ende der Skale. Hr. Wedgwood erhielt aber nie eine höhere Temperatur als 160° . Demnach ist jeder Grad der Wedgwoodschen Skale gleich einer Zusammenziehung von $\frac{1}{100}$ Theil des pyrometrischen Stockes.

Da es so schwer hält, gleichartigen Thon zu erhalten, so hat man den Vorschlag gemacht, den chinesischen Agalmatolit oder Bildstein zu den pyrometrischen Stücken anzuwenden.

Die Behauptung eines Chemikers, welche die ganze Theorie des Instruments über den Haufen geworfen haben würde, nämlich daß die Wirkung einer lange anhaltenden und oft wiederholten Unterwerfung selbst geringerer Wärmegrade, eine Zusammenziehung des Thons veranlassen würden, nachdem er schon höhern Temperaturen ausgesetzt gewesen ist. Dieser Punkt ist mit großer Sorgfalt von dem Franzosen Guyton de Morveau untersucht worden, der die Unrichtigkeit der Behauptung dargethan hat. Dagegen zeigte er, daß die Vergleichung der Wedgwoodschen Skale mit der Fahrenheit'schen sehr mangelhaft sei und suchte sie zu verbessern. Diese verbesserte Vergleichung soll weiter unten bei Beschreibung des Guytonschen Pyrometers angegeben werden.

Das Wedgwoodsche Pyrometer ist, ungeachtet seiner Mangelhaftigkeit, dennoch ein sehr brauchbares Instrument, besonders um die relative Hitze der Schmelzöfen kennen zu lernen.

14. Das metallische Thermometer, von dem Franzosen Regnier 1798 erfunden, beruht auf dem Prinzip, daß wenn ein dünnes metallisches Lineal, welches auf einer Tafel ruht, in der Mitte gebogen wird, es einen Bogen bildet, von welchem der sinus versus, d. h. eine auf der Sehne senkrecht stehende, durch das Centrum des Bogens gezogene Linie, zwölf Mal länger ist, als der Raum, durch welchen sich das Ende der Stange bewegt hat, und nach diesem Prinzip construirte er ein Instrument, um die Veränderungen der atmosphärischen Temperatur zu messen.

Es besteht aus zwei Platten von Messing, zwei Meter lang, in einer gebogenen Lage in einem eisernen Rahmen befestigt, wie man in Fig. 35. sieht. An

dem einen Bogen ist ein Getriebe von acht Zähnen befestigt, an dessen Achse der Index sitzt, der die Temperatur bezeichnen soll. Im Centrum des andern Bogens und in der Richtung seines sinus versus ist eine gezahnte Stange befestigt, die in die Zähne des Getriebes greift. Wenn die Platten erkalten, so nähern sie sich einander, wogegen sie sich von einander entfernen, wenn sie erhitzt werden. Nur dürfen sie in keiner Temperatur sich einander nähern.

Regnier fand, daß zwei solche Stangen von zwei Meter Länge in einer Temperaturveränderung von 60° Celsius, die relative Lage ihrer Mittelpunkte um 65 Millimeter veränderten; allein die Correction wegen des eisernen Raumes reducirt dies um $\frac{1}{3}$, so daß für die wirkliche Veränderung der Lage der Stangen ungefähr 26 Millimeter bleiben. Regnier macht daher den Vorschlag, zu Instrumenten dieser Art, die für das Publikum eingerichtet sind, steinerne Gestelle zu nehmen, wodurch die Ausdehnbarkeit der Stangen vermehrt wird. Regnier gab dem Index einen Halbmesser von 649 Millimetern, so daß er sich über einen Kreis von 1,298 Metern im Durchmesser bewegt. Das Getriebe hat 8 Zähne bei einem Durchmesser von 27 Millimetern und diese Temperaturverhältnisse sind so, daß ein Temperaturwechsel von 60° C. einen ganzen Umgang des Zeigers um das Zifferblatt von 4,079 Meter im Umfange veranlassen wird. Jeder Grad wird daher ungefähr 68 Millimeter, oder mehr als $2\frac{1}{2}$ Zoll groß und schon aus einiger Entfernung sichtbar sein.

15. Das Platina-Pyrometer von Guyton de Morveau (Fig. 36.), welches dieser berühmte französische Physiker 1804 erfand, ist dazu bestimmt, höhere Hitzgrade auf Herden und in Defen zu messen.

Seine Basis ist eine kleine, aber sehr feste Platte *ab* von stark gebranntem Porzellan, in welcher eine Vertiefung befindlich ist, die eine flache Platinstange *c* von 1,75 Zoll Länge, 0,2 Zoll Breite und ungefähr 0,1 Zoll Stärke aufzunehmen im Stande ist. Das eine Ende der Stange stößt gegen den Boden der Vertiefung, das andere gegen den kurzen Arm eines gebogenen Hebels, dessen langer Arm, der sich um einen Stift bewegt, der Index des Instrumentes wird. Der kurze Arm des Hebels hat gerade $\frac{1}{20}$ von der Länge des langen, die 1,8 Zoll beträgt; folglich wird der von dem langen Arm durchlaufene Raum zwanzig Mal größer, als die durch Ausdehnung der Stange dem kurzen Arme mitgetheilte Bewegung sein.

Ein fein getheilter Kreisbogen, von welchem der Zeiger der Radius, ist an dem Porzellan befestigt, und jeder Grad dieses Bogens ist durch einen, an dem Ende des Zeigers befindlichen Nonius in zehn Theile getheilt und so ist das Instrument im Stande, eine Ausdehnung von $\frac{1}{5730}$ Theil des Radius anzugeben.

Aus den mit diesem Instrument angestellten Versuchen bewies Guyton, daß Wedgwood größtentheils darin gefehlt, daß er eine Temperatur zu hoch für die Grade seiner Skale angelegt habe, ein auch durch die neuern Versuche von Daniell bestätigtes Resultat. Guyton schreibt Wedgwoods Fehler dem Umstande zu, daß er den Schmelzpunkt des Silbers zu hoch angenommen habe. Es war nämlich mittelst pyrometrischer Stücke von feinem Silber, daß Wedgwood seine Skale mit der Fahrenheit'schen verband, weshalb ein Fehler mit diesem Metall alle übrigen Resultate unrichtig machen mußte. Nach Guyton schmilzt das Silber bei 22° W. und nicht bei 28° und statt daß jeder Grad gleich 130° F. ist, darf er nur zu $62,5^{\circ}$ angenommen werden, so daß der Anfang der Skale bei 517° F. und nicht bei $1077,5^{\circ}$ ist.

Guyton's verbesserte Tabelle der Wedgwood'schen Temperaturen ist die folgende:

	Rehgw.	Fahrenh.
Das Quecksilber siedet bei . . .	2° =	642,75°
„ Zink schmilzt „ . . .	3 =	705,26
„ Antimon „ . . .	7 =	955,23
„ Silber „ . . .	22 =	1822,67
„ Kupfer „ . . .	27 =	2205,18
„ Gold „ . . .	32 =	2517,63
„ Eisen schmilzt „ . . .	95 =	6508,88
„ Gußeisen schmilzt „ . . .	130 =	8696,24
„ Porzellan „ . . .	155 =	9633,68
„ Mangan „ . . .	160 =	10517,12
„ Stabeisen „ . . .	175 =	11454,56
„ Nickel „ . . .	175 =	11454,56
„ Platin „ . . .	175 =	1154,56.

16. Im Jahr 1803 beschrieb Hr. James Crighton zu Glasgow ein neues »Metallthermometer,« bei welchem die ungleiche Ausdehnung des Zinks und des Eisens die bewegende Kraft ist. Es wird eine Stange gebildet, durch Vereinigung einer Zinkplatte, Fig. 37. c d, von 8 Zoll Länge, 1 Zoll Breite und $\frac{1}{4}$ Zoll Stärke, mit einer Eisenplatte von derselben Länge. Das untere Ende der vereinigten Stange ist bei e e fest mit einem Mahagoni-Brett verbunden. Ein Bolzen f an ihrem obern Ende greift in die gabelförmige Oeffnung an dem kurzen Arm des Index g, g. Wenn die Temperatur erhöht wird, so biegt die größere Ausdehnbarkeit des Zinks c d die ganze Stange, wie die Figur zeigt; und der Index g bewegt sich längs des graduirten Bogens von der Rechten zur Linken, im Verhältniß der Temperatur. Um das Instrument in ein Register-Thermometer zu verwandeln, brachte Crighton zwei dünne Zeiger h h an der Indexwelle an. Diese liegen unter dem Index und werden durch den Stift i in entgegengesetzte Richtung getrieben, eine wahrscheinlich von dem Figural-ähnlichen Instrument entnommene Vorrichtung.

Das Prinzip, nach welchem das Pyrometer construirt worden, ist wohl richtig, allein im Allgemeinen hat es keine besondern Vorzüge vor den bereits beschriebenen.

17. Fig. 38. ist eine Abbildung des von Hrn. Schmidt zu Jassy in der Moldau erfundenen Luft-Pyrometers; jedoch ist es wahrscheinlich ein bloßer theoretischer Vorschlag und eine kostbare und wahrscheinlich nicht sehr sichere Methode, hohe Temperaturen zu bestimmen. — Der Apparat besteht aus einer Flasche a, und einer engen Röhre b, beide von Platina, von denen jene den Zweck hat, den Eindruck der Wärme zu erhalten und die letztere die verdünnte Luft nach c c, einem luftdichten Gefäß, welches zum Theil mit Wasser angefüllt ist. Der Deckel des Gefäßes hat drei Oeffnungen: in der einen ist das Ende der Platinröhre eingekittet; in der zweiten ist eine Glasröhre d befestigt, die ein gewöhnliches Thermometer enthält; in der dritten ist eine dünne graduirte Röhre e befindlich, welche in das Wasser des Gefäßes reicht. Das Thermometer dient dazu die Temperatur der in dem Gefäß eingeschlossenen Luft vor dem Experiment zu bestimmen; die graduirte Röhre bestimmt dagegen die Temperatur der Platinflasche, die derselben durch das Aufsteigen des Wassers, welches der Druck der ausgebreiteten Luft auf die Oberfläche des in dem Gefäß befindlichen Wassers hervorgebracht hat, mitgetheilt worden ist. Jede weitere Beschreibung würde unnöthig sein.

18. Fig. 39. ist eine Abbildung des von dem Engländer Daniell erfundenen

benen Pyrometers. Die bewegende Kraft ist ein Platindrath, 10,2 Zoll lang und 0,14 Zoll stark, an einer Röhre von Graphitthon a b c durch ein Kreuz darin und durch eine Mutter und Schraube außerhalb derselben, bei a befestigt. Diese Röhre hat bei b einen Vorsprung, damit sie immer bis auf eine gewisse Länge in den Ofen oder in die Muffel gesteckt wird. Von dem Ende der Platinstange bei d geht ein feiner Draht von demselben Metall, $\frac{1}{100}$ Zoll im Durchmesser, welcher aus einer messingenen Stange e herauskommt und zwei- oder dreimal um die Ase des Rades i, B Fig. 39., geht. Er ist dann zurückgebogen und mit einer schwachen Feder m n verbunden, welche mit ihrem einen Ende an den Stift n, an der Außenseite der Stange d, befestigt worden ist.

Man hat statt desjenigen Theils des Platindraths, der um das Rad gewunden ist und der dieses mit der Feder verbindet, angewendet und dadurch die Bewegungen des Index empfindlicher gemacht. Die Ase von i ist = 0,062 und der Durchmesser von dem Rade = 1 Zoll. Seine Zähne greifen in die Zähne eines andern Rades, dessen Durchmesser ein Drittel vom dem des erstern beträgt, so daß sich das Rad k dreimal so rasch als das Rad i bewegt, und der Index an der Ase von k sich daher bei jedem Umgange von i dreimal herumdreht. Die Wirkung der Spiralfeder m dreht das Rad i herum, sowie auch den Index, wenn die Ausdehnung der Platinstange ihr zu wirken erlaubt. Die Scheibe ist in 360 Grade getheilt. Durch Versuche fand Daniell, daß jeder Grad seiner Skale gleich 7° Fahrenheit sei. Die von ihm erhaltenen Resultate stimmen sehr mit den von Guxton de Morveau erlangten überein. Daniell fand, daß nachdem das Pyrometer hohen Temperaturen ausgesetzt gewesen war, es nicht auf den Ausgangspunkt zurückfiel, ein Umstand, den er mit Sicherheit Veränderungen in der Form der Röhre, die durch eine hohe Temperatur herbeigeführt wurden, zuschrieb. Dies ist eine Unvollkommenheit des Instruments, welches auch überhaupt vor dem Guxton'schen keine Vorzüge hat. Wenn das Feuer mit Steinkohlen oder Koaks unterhalten wird, so darf die Röhre ihm nicht ohne ein Schutzmittel ausgesetzt werden, da sich die Asche von demselben leicht mit dem Graphit verbindet; bei Holz und Holzkohlen-Feuer ist diese Vorsicht nicht nöthig.

Die folgende Tabelle gibt eine Uebersicht einiger von Daniell erhaltenen Resultate:

50° Fahrenheit	==	7,2° Daniell.		
100	==	14,0		
150	==	22,5		
200	==	30,5		
250	==	38,5		
300	==	45,4		
350	==	51,5		
400	==	58,5		
450	==	66,9		
500	==	73,5		
550	==	77,0		
580	==	84,0		
Schmelzpunkt des Zinnes			63 D.	441 F.
" " Wismuths			66	462
" " Bleies			87	609
Siedepunkt des Quecksilbers			92	644
Schmelzpunkt des Zinns			94	658

Rothglühbige bei Tageslicht	140 D.	980 F.
Schmelzpunkt des Messings	267	1869
" " Silbers	319	2233
" " Kupfers	364	2548
" " Goldes	370	2590
" " Kobaltens	497	3479

19. Neuerlich hat Hr. Daniell ein Registerpyrometer beschrieben, um die Ausdehnung fester Körper zu messen und die höhern Temperaturgrade nach dem gewöhnlichen Thermometer zu bestimmen, dessen Einrichtung von der obigen etwas abweicht. Das Wesentliche derselben besteht in Folgendem.

Man nimmt eine feste Stange von Graphit, die Daniell das Register nennt, von 8 Zoll Länge, 0,7 Zoll Breite und derselben Dicke, und bohrt ihren Aze nach eine cylindrische Höhlung in dieselbe von 0,3 Zoll Durchmesser und 7½ Zoll Tiefe. Am obern Ende werden ungefähr 0,6 Zoll Länge von der Stange bis zur Hälfte ihrer Dicke weggeschnitten, so daß in diesem Theile der Länge die Höhlung einen Halbcylinder bildet, der sich nach unten in einen ganzen Cylinder fortsetzt. Man steckt nun eine Platinstange von 6½ Zoll Länge in die cylindrische Höhle, so daß sie sich an den Boden derselben stützt, und auf den Gipfel dieser Stange setzt man ein cylindrisches Porzellanstück von ungefähr 1½ Zoll Länge auf, welches Daniell den Index nennt. Aus den angegebenen Dimensionen der Theile geht hervor, daß dieser Index mit einem Ende seiner Länge sich noch in dem ganz cylindrischen Theile der Höhle befinden wird (da die Metallstange, auf welcher er aufsteht, kürzer als dieser ganz cylindrische Theil ist), und mit dem andern Theile über den halbcylindrischen Theil der Höhlung hervorragend wird (da die Summen der Längen der Metallstange und des Porzellanstücks 8 Zoll ist, während der ganz cylindrische und der halb cylindrische Theil der Höhlung zusammen nur 7½ Zoll Länge haben). Um den Index zu fixiren, legt man einen gemeinschaftlichen Ring von Platina um ihn und den obern, halbcylindrischen Theil der Graphitstange, den man durch Einschlebung eines kleinen Keiles von Porzellan anspannt.

Begreiflich nun, wenn dieser Apparat einer hohen Temperatur ausgesetzt wird, wird die Metallstange vermöge des Ueberschusses ihrer Ausdehnung über die des Graphites den Index vorwärts treiben, und dieser wird nach erfolgter Wiederabkühlung an der Stelle seiner größten Elongation liegen bleiben. Es kommt also nur darauf an, diese Weite, auf welche der Index von seiner ursprünglichen Lage fortgerückt worden ist, auf das Genaueste zu messen.

Da diese Weite jedenfalls nicht groß ist, so bedient sich Daniell des uns schon bekannten Verfahrens, ihre Anzeige durch einen als Hebel wirkenden Zeiger zu vergrößern.

Wie man sieht, so erfordert die Anwendung dieses Pyrometers, daß man das Ausdehnungsverhältniß des Graphits kenne, den man zum Register angewandt hat, um aus der scheinbaren Ausdehnung der Platinstange die wahre und hiernach, mittelst des bekannten Ausdehnungsverhältnisses des Platins, die Temperatur berechnen zu können. Daniell nun bestimmt die absolute Ausdehnung des Graphites dadurch, daß er die scheinbare Ausdehnung einer Platin- oder Eisenstange durch das Register selbst bestimmt, und hiervon die wahre Ausdehnung des Platins oder Eisens, die er als bekannt ansieht, abzieht; den Rest betrachtet er alsdann als die Ausdehnung des Graphites. Er fand solchergestalt für die Ausdehnung eines Registers von 6,5 Zoll Länge zwischen 64 und 66° F.

eine lineare Ausdehnung von 0,00784 Zoll bei Prüfung durch Platin und 0,00878 Zoll bei Prüfung durch das Eisen.

Uebrigens ist zu bemerken, daß die Beschaffenheit des Graphites auf sein Expansionsvermögen von Einfluß ist, indem sich nach Daniell's Versuchen Graphit von feinerem Korn minder ausdehnt, als Graphit von gröberem; daher die Expansion für jedes Register aus anderm Graphit besonders bestimmt werden muß.

Noch ist zu bemerken, daß bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse die genaue Reduction der Anzeigen, welche dieses Instrument gibt, auf Grade des Luftthermometers etwas Präcises hat, insofern wir nicht wissen, in welchem Verhältnisse wir die Incremente der Temperaturen und Ausdehnungen, welche letztere das Instrument nur anzeigt, bei sehr hohen Hitzgraden zu einander stehen.

Die folgenden Angaben über die Schmelzpunkte verschiedener Metalle, die Daniell mit dem Registerthermometer angestellt hat, hält er für zuverlässiger als die weiter oben angeführten.

Schmelzpunkt von Silber	1873° F.	=	1022° $\frac{7}{8}$ Cels.
" " Kupfer	1996 "	=	1091 $\frac{1}{2}$ "
" " Gold	2091 "	=	1102 $\frac{3}{8}$ "
" " Eisen	2786 "	=	1530 "

20. Breguet in Paris hat vor wenigen Jahren ein eben so elegantes als einfaches und empfindliches Pyrometer oder metallisches Thermometer construirt, von welchem Fig. 40. eine Abbildung gibt.

Es besteht aus einer Schnecke, die aus drei Metallen von ungleicher Ausdehnung zusammengesetzt ist. Die äußere Platte dieser empfindlichen Schnecke oder Spirale besteht aus Silber, die innere aus Platin und zwischen beiden ist eine goldene. Zu der vollkommenen Wirkung des Instruments sind nur zwei nöthig; allein wegen der Ausdehnbarkeit zwischen Silber und Platin würden sie sich durch plötzliche Temperaturveränderungen von einander trennen, weshalb ein dünner Goldstreifen, welches Metall eine mittlere Expansion hat, zwischen beide gelegt wird. Das Ganze bildet einen einzigen, ungefähr $\frac{1}{100}$ Zoll dicken Streifen. Das obere Ende der Schnecke a ist an den messingenen Träger b befestigt, an welchem sie frei hängt und sich vor- und rückwärts bewegen kann. An ihrem untern Ende ist eine goldene Nadel e befestigt, die durch ein kleines Gegengewicht frei erhalten wird. Diese Nadel bewegt sich um einen graduirten Kreis d, der die Theilung der hunderttheiligen Skale hat. Wenn die das Instrument umgebende Luft erhitzt wird, so dreht die Ausdehnung des Metalles die Nadel in der Richtung der Windungen der Schnecke und eine Verminderung der Temperatur in einer entgegengesetzten Richtung durch Zusammenziehung der Windungen. Versuche haben gezeigt, daß gleiche Zunahmen der Temperatur die Nadel über gleiche Räume der Skale bewegen, so daß das Instrument mit andern Thermometern verglichen werden kann.

Die Empfindlichkeit dieses Metall-Thermometers soll sehr groß sein, wenn es mit einem Quecksilber-Thermometer verglichen wird. Es kann sehr gut zur Bestimmung der Temperatur eines luftleeren Raumes angewendet werden, welches mit dem Quecksilber-Thermometer weniger gut geschehen kann, da sich die Kugel, wenn der Druck entfernt ist, ausdehnt:

Die Höhe des Instrumentes, von welchem diese Beschreibung entnommen worden ist, beträgt 3 Zoll mit Einschluß des Fußes, der $\frac{1}{2}$ Zoll hoch ist. Der Durchmesser der Schnecke beträgt $\frac{3}{10}$ Zoll und ihre Länge $1\frac{1}{2}$ Zoll; der innere

Durchmesser der graduirten Scheibe 2 Zoll und die Breite der Skale $\frac{1}{4}$ Zoll. — Ein ähnliches, nur complicirteres Instrument hat Prof. Neumann in Wien vorgeschlagen.

21. Ein anderes sehr schönes Instrument dieser Art ist in Fig. 41. abgebildet; es ist von dem pariser Künstler Friedrich Houriet erfunden. Es hat die Größe einer gewöhnlichen dünnen Taschenuhr mit einem Zifferblatt A, welches nach der hunderttheiligen Skale getheilt ist. Dieses Zifferblatt bedeckt den Mechanismus und kann aufgeklappt werden. Das Instrument ist so empfindlich, daß es sich in weniger als einer Minute, nachdem es in die Hand gelegt worden ist, bewegt.

Das pyrometrische Stück ist eine gebogene Stange a, b, a, b, bestehend aus einem Stahlstreifen an der Seite a und aus einem Messingstreifen an der Seite b, die zu einer Stange verbunden sind. Der Stahlstreifen ist $\frac{1}{10}$ Zoll stark und der Messingstreifen hat die doppelte Stärke, so daß eine Stange von 9,5 Zoll Länge und ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll Höhe entsteht. Das Ende ist bei c fest mit der Büchse verbunden; das andere Ende ist frei, wegen der Länge gebogen und geht, um durch Stöße u. nicht aus der Lage gebracht werden zu können, zwischen zwei Knöpfen h, h, durch. Das freie Ende endigt sich in eine an dasselbe geschrobene Stahlplatte d, die 0,3 vorspringt und gegen den kurzen Arm e des Hebels f, l. Der längere Arm endigt in einen gezahnten Krümmeling mit 40 Zähnen, welcher in ein kleines Rad g mit 22 Zähnen greift, das mit dem dünnen Zeiger an einer Welle sitzt. Durch die Ausdehnung der Stange wird der kurze Arm des Hebels gedrückt und der gezahnte Krümmeling bewegt sich über einen Raum, der proportional der Verschiedenheit der Hebelarme ist. Wie diese Bewegung in einem steigenden Verhältniß dem Index mitgetheilt wird, geht aus der Abbildung hervor. Unter den Arm i, welcher die gemeinschaftliche Axe von dem Index und von g trägt, ist eine Spiralfeder von flachem Golddraht befindlich, welche den Index zurückführt, wenn die Zusammenziehung der Stange dies erforderlich macht, sowie sie auch das Ende d der Stange mit dem kurzen Hebelarme e in Berührung erhält. Das Instrument wird durch eine stählerne Schraube k regulirt, die sich in einer kleinen Röhre am Ende von d bewegt.

Eine ganz ähnliche, wenn auch nicht gleiche und bessere Construction, hat das von dem Mechanikus Wrench in London gefertigte Taschenthermometer. Die Stange ist nicht gebogen, sondern nur einfach in der Büchse oder dem Gehäuse herumgelegt, besteht ebenfalls aus Stahl und Messing, der Hebel ist ein einarmiger.

22. Alle Pyrometer, die man bis jetzt zum Messen hoher Temperaturen vorgeschlagen hat, sind unzulänglich, wenn es darauf ankommt, zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten vergleichbare und identische Resultate damit zu erhalten. Macaire Princep schlägt zur Erreichung dieses Zweckes folgende neue pyrometrische Einrichtung vor:

Als fixe Punkte ihrer Skale gelten die Schmelzpunkte des Silbers, Goldes und Platins; die Zwischengrade werden durch die Schmelzpunkte von Legirungen dieser Metalle, die nach einem bestimmten Verhältnisse derselben gemacht sind, gegeben. Da der Schmelzpunkt des Goldes nicht viel höher als der des Silbers ist, so werden bloß zehn Zwischengrade zwischen den Schmelzpunkten beider angenommen, welche Grade so bestimmt sind, daß die Quantität Goldes in jeder der Zwischenlegirungen immer um 10 Prozent zunimmt, und der Grad 10 selbst dem Schmelzpunkte des reinen Goldes, der Nullpunkt dem Schmelzpunkt des reinen Silbers entspricht. Zwischen dem Schmelzpunkte des reinen

Thermometer.

5

Golbes bis zu dem des reinen Platins sind 100 Grade angenommen, indem successiv 1 Prozent des letztern Metalles für jede höhere Legirung zugesetzt ist, so daß 100° dem reinen Platin selbst entspricht. Man erhält hierdurch wenigstens eine genaue Bezeichnung derselben absoluten Temperaturen, indem man jede Temperatur durch die strengflüssigste der Legirungen bezeichnet, welche bei dieser Temperatur noch darin zu schmelzen vermag, was für die praktische Anwendbarkeit hinreicht.

Die Bezeichnungsgart, die *Prinsep* zur Angabe der Grade seiner pyrometrischen Vorrichtung gewählt hat, ist folgende:

S. 0,3 G. bedeutet eine Legirung aus 0,7 Silber, 0,3 Gold;

G. 0,23 P. eine Legirung aus 0,77 Gold und 0,23 Platin ic.

Solchergestalt fand *Prinsep* u. A. folgende Resultate über die Temperatur verschiedener Oefen ic.

Muffel eines Probirofens in der Mitte S. 0,3 G.

Silberschmelzofen G. 0,075 P.

Ungefäher Schmelzpunkt des Kupfers G. 0,03 P.

„ „ „ Eisens G. 0,30 P.

Mittlere Resultate der Zurückführung mehrerer auf die obige Weise bestimmten Temperaturen, auf die Grade des Luftthermometers:

Volle Rothglühhitze 1200° F. = 649° C.

Drangeglühhitze 1650 = 899

Schmelzpunkt des Silbers . . 1830 = 999

Silber mit $\frac{1}{10}$ Gold 1920 = 1048

„ „ $\frac{1}{4}$ „ 2050 = 1121

§. 3. Geschichte und Construction der Register-Thermometer.

(Hierzu Fig. 42 — 50.)

Die erste Angabe eines Thermometers, welches seine eigenen Angaben in Abwesenheit des Beobachters registriren konnte, wird dem berühmten Johann *Beroulli* zugeschrieben, der ein solches Instrument in einem Briefe an *Leibnitz* beschreibt; auch construirte *Kraft* ein ähnliches, allein sie bedürfen keiner weitern Erwähnung, da sie nur unvollkommene Versuche sind und wir fahren daher sogleich mit der Beschreibung der bessern Registerthermometer fort.

1. Die Fig. 42 bis 44. sind Abbildungen der von *Lord Karl Cavendish* construirten Thermometer zur Angabe der Maxima und Minima der Temperatur in Abwesenheit des Beobachters. Fig. 42. besteht aus einer cylindrischen Erweiterung der Röhre, die sich in ein offenes Haarröhrchen endigt, über welche eine Glasugel *e* befindlich ist, welche das Thermometer gänzlich verschließt. Der Cylinder und ein Theil der Röhre sind mit Quecksilber angefüllt, dessen Steigen und Fallen auf die gewöhnliche Weise die Temperatur angibt; über dem Quecksilber ist soviel Alkohol vorhanden, daß der übrige Theil der Röhre und ein kleiner Theil der obern Kugel damit angefüllt sind. Wenn das Quecksilber steigt, so treibt es den Weingeist vor sich her und in die Kugel *e*, aus welcher es nicht herauskommen kann, so lange das Instrument eine aufrechte Stellung hat; und der fehlende Weingeist in der Röhre beim Sinken des Quecksilbers, der durch eine besondere Skale gemessen wird, zeigt, wieviel der höchste Stand des Thermometers seine Höhe zur Zeit der Beobachtung überstieg.

Um das Instrument zu einer neuen Beobachtung vorzubereiten, wird es durch die Hand erwärmt, bis daß der Spiritus die ganze Röhre ausfüllt, welche denn so geneigt wird, daß der Spiritus in der Kugel *e* die Oeffnung des Haar-

röhrens bedeckt. Indem nun der Cylinder kalt wird, bringt der Spiritus aus der Kugel in die Röhre und füllt sie, wie vorher, gänzlich aus.

Fig. 43. ist eine Construction desselben Instruments, wobei die Unbequemlichkeit eines so schweren Cylinders, wie der in Fig. 42. dargestellte, mit Quecksilber angefüllte, vermieden worden ist.

Cavendish fügte eine Correction hinzu, welche in Folge der Differenz zwischen der Ausdehnung des Quecksilbers und der des Spiritus gemacht werden mußte, indem er das Fehlende berechnete, wenn dies durch dieselbe Skale als das Steigen des Quecksilbers gemessen wurde. Die bei der Spiritus-Säule berechneten Grade werden die der Quecksilbersäule um $\frac{1}{2}$ Grad für jede 10° Fahr. Differenz dazwischen übersteigen.

Fig. 44. ist das Minimum-Thermometer des Lord Cavendish. Der Cylinder a, $\frac{1}{2}$ von der Kugel d und ein Theil von der Röhre b sind mit Weingeist gefüllt, der Raum von b zu c enthält aber eine Quecksilbersäule und ungefähr $\frac{1}{4}$ von d enthält ebenfalls dieses Metall. Ueber dem Quecksilber ist auch etwas Spiritus vorhanden, der vor dem Verschließen der Röhre bei e hineingebracht ist. Das Quecksilber bei c wird, wenn es mit einer besondern Skale versehen ist, die jegliche Temperatur auf die gewöhnliche Weise genau angeben; wenn sich aber der Spiritus in a durch die Kälte zusammenzieht, so wird das Quecksilber in der kurzen Röhre b des Hebers bis in die Kugel d steigen, aus welcher es alsdann nicht in die Röhre b zurückfallen kann. Deshalb wird in letzterer Quecksilber fehlen, welches durch eine besondere Skale gemessen und von der dormaligen Höhe des Quecksilbers in dem langen Schenkel abgezogen den niedrigsten Punkt zeigen wird, bis zu welchem das Metall in Abwesenheit des Beobachters gefallen ist. Um zu vermeiden, daß das Quecksilber in zu starken Tropfen in die Kugel d falle, wodurch das Instrument leicht zerbrochen werden könnte, geht ein festes, aber feines Draht von Glas durch den kurzen Schenkel nach dem engen Hals f der Kugel d, wodurch das Quecksilber so vertheilt wird, daß es nur in feinen Tropfen durchzugehen im Stande ist. Das Instrument wird dadurch zu einer neuen Beobachtung vorbereitet, daß man es neigt, so daß das Quecksilber in d die Oeffnung nach f bedeckt. Der Cylinder a wird dann erhitzt, und das Quecksilber wird aus der Kugel in den kurzen Schenkel getrieben.

Fig. 45. ist eine andere Form des letzten Instruments, welches den Vortheil hat, leichter eingerichtet zu sein und daß das Quecksilber bei einer geringen Bewegung nicht so leicht nach a fällt.

Da jedoch diese Instrumente schwierig anzufertigen und leicht zerbrechlich sind, so hat man sie nie allgemein angewendet, obgleich sie zu einigen Zwecken, z. B. zur Bestimmung der Temperatur des Oceans in sehr großen Tiefen, sehr bequem sind.

2. Nächstdem müssen die Metall-Thermometer von Figgelard und Erigton erwähnt werden, die, wie im vorigen §. erwähnt wurde, auch zur Angabe der Maxima und Minima der Temperatur während der Abwesenheit des Beobachters vorgerichtet werden können.

3. Das von Hrn. James Six in Colchester erfundene Registerthermometer ist in Fig. 46. dargestellt. Es ist ein Weingeist-Thermometer mit einem langen Cylinder und mit einer Röhre, die in der Gestalt eines Hebers mit parallelen Schenkeln gebogen ist und sich in eine kleine längliche Kugel endigt. Ein Theil von den beiden Heber-Schenkeln von a bis b ist mit Quecksilber gefüllt; der Cylinder und das Uebrige von den beiden Schenkeln, sowie die kleine Kugel, sind mit höchst rectificirtem Weingeist angefüllt. Die doppelte Quecksilbersäule

betreget die beiden Indices *c* und *d*, deren Form besser aus *A* ersichtlich ist. Jeder Index besteht aus einem Stücker Eisen draht, welches in einer Glasröhre eingeschlossen ist, die an jedem Ende mit einem Knopf von Email verschlossen ist. Ihre Dimensionen sind so, daß sie sich frei in der Röhre bewegen können. Aus dem obern Ende des Knopfes steht ein Streifchen Glas vor, welches so gebogen ist, daß es gegen die Seite der Röhre drückt und eine feine Feder bildet, die aber stark genug ist, um den Index da zurückzuhalten, wohin er durch die Quecksilbersäule gehoben worden ist. Die Wirkung des Instruments wird nun leicht verstanden werden. Wenn eine Temperaturzunahme den Spiritus in der Kugel ausdehnt, so drückt er das Quecksilber in der Röhre *a* nieder und hebt es verhältnismäßig in der Röhre *b*. In der letztern treibt die Quecksilbersäule den Index *d* vor sich her. Sinkt nun das Quecksilber in dieser Röhre, so gibt das untere Ende des von der Glasfeder zurückgehaltenen Index die Höhe an, bis zu welcher das Quecksilber gestiegen war. Zieht sich der Spiritus in der Kugel durch Kälte zusammen, so sinkt das Quecksilber in der Röhre *b* und steigt folglich in der Röhre *a*, wodurch wiederum der Index *c* bis zu dem höchsten Punkt gehoben wird, bis zu welchem sich die Säule hier erhebt. Auf diese Weise kann man das Maximum und Minimum der Temperatur zu jeder beliebigen Zeit sehen; und alles, was man zu thun hat, um das Instrument zu einer neuen Beobachtung vorzubereiten, besteht darin, beide Indices mittelst eines Magnets, der auf den in jedem Index befindlichen Eisendraht wirkt, auf die Oberflächen ihrer respectiven Quecksilbersäulen zurückzubringen. Aus der obigen Beschreibung ist es einleuchtend, daß eine aufwärts gehende Skale vorhanden sein muß, um die Grade der Ausdehnung in *b* zu messen und eine niederwärts gehende, die an *a* angebracht worden und die dazu dient, um die Zusammenziehung des Spiritus zu messen. Hr. Six graduirte seine Thermometer, indem er sie in Wasser von verschiedenen Temperaturen setzte und auf seinen Skalen, die jedem 5 Grad eines in dieselbe Flüssigkeit gesteckten Quecksilberthermometers correspondirenden Höhen bemerkte. Statt der leicht zerbrechlichen Glasfeder kann man auch eine von Silber- oder Platindraht anbringen. Die gewöhnlichen Dimensionen sind eine Kugel oder vielmehr ein Cylindrer von 6 bis 16 Zoll Länge und von 0,2 bis 0,3 Zoll innerm Durchmesser; eine Heberöhre von $\frac{1}{8}$ bis $\frac{3}{16}$ Zoll Weite und von einer mit dem Cylindrer in Verhältniß stehenden Länge. Die Indices sind ungefähr 1 Zoll lang.

Der vorzüglichste Mangel dieses Thermometers, welches übrigens ein sehr werthvolles Instrument ist, rührt von der ungleichen Ausdehnung des Spiritus und davon her, daß zwei Flüssigkeiten von sehr verschiedener Ausdehnbarkeit in demselben vorhanden sind.

4. Sehr einfach und wohlfeil ist das von Dr. Rutherford construirte Tag- und Nacht-Thermometer, welches in Fig. 47. abgebildet ist und an welchem *A* ein Spiritus- und *B* ein Quecksilber-Thermometer ist, von denen jedes seine besondere Skale hat, die wie die Röhren horizontal an einem Stück Holz oder Eisenbein befestigt sind. *B* enthält als Index ein Stücker Stahlbraht, welches von dem Quecksilber her getrieben wird und in der Lage bleibt, um zu bezeichnen, wie hoch die Temperatur gewesen ist. *A* enthält einen Glasindrer, einen halben Zoll lang, mit einem kleinen Knopf an jedem Ende. Er liegt in dem Spiritus, der frei um ihn herumkommen kann, wenn er durch die Wärme ausgedehnt wird. Wenn er sich durch eine Temperaturverminderung zusammenzieht, so muß, wegen der Anziehung zwischen Glas und Spiritus, der letzte Theil der Spiritussäule, die geringe Friction des Index auf der innern Seite

der Glasröhre überwinden und den Index nach der Kugel zu zurückbringen. Diese Anziehung ist so beträchtlich, daß obgleich sich der Index in der Röhre auf und nieder bewegt, wenn das Instrument nun in eine geneigte Richtung gebracht wird, der Index auf dem Spiritus liegen bleiben wird und es mehrer Stöße bedarf, um ihn in den leeren Raum der Röhre zu bringen. Aus der Lage der beiden Thermometer ist es ersichtlich, daß, um die beiden Indices auf die Oberflächen der respectiven Flüssigkeiten zurückzuführen, man das Instrument nur nach C neigen muß; es ist alsdann zu einer neuen Beobachtung vorbereitet.

Die Genauigkeit der Angaben dieses Thermometers hängen von der Genauigkeit seiner Construction und von einer Correction der ungleichen Ausdehnung der beiden Flüssigkeiten ab. Ueber diese haben de Luc und von Wildt in Hannover sehr genaue Untersuchungen angestellt. Dieses Instrument ist daher sowohl zu den genauesten meteorologischen Beobachtungen über die Maxima und Minima, als auch zu den gewöhnlichen Untersuchungen anwendbar.

5. Fig. 48. gibt eine Abbildung des Register-Thermometers von Alex. Keith zu Edinburg. *ab* ist eine 14 Zoll lange und $\frac{3}{4}$ Zoll weite, oben mit Siegellack verschlossene Glasröhre, die unten mit einer gebogenen Röhre *bd* von 7 Zoll Länge und 0,4 Zoll Weite in Verbindung steht. Oben ist dieselbe offen und mit einer Metallplatte *e* verkittet, welche die $6\frac{1}{2}$ Zoll lange Eisenbein-Skale *ee* trägt. Von *a* bis *b* ist die Röhre mit höchst rectificirtem Alkohol angefüllt und von *b* bis *c* mit Quecksilber. Bei *c* ist ein konischer Schwimmer von Elfenbein oder Glas vorhanden, der auf der Oberfläche des Quecksilbers liegt und ein gebogenes Draht trägt, welches zwei Indices von schwarzer Seide *ik* bewegt, die sich längs dem feinen Golddraht *gf* bewegen. Der Schwimmer steigt und fällt mit der Quecksilbersäule. Gegen Wind und Regen wird das Instrument durch eine Glasröhre *ll* geschützt, die mittelst eines messingenen Halses auf die Metallplatte *e* geschoben wird.

6. Hr. H. S. Blackadder verdanken wir die Angabe einer sinnreichen Methode, um die Temperatur der Luft jederzeit durch eine nachherige Beobachtung des Thermometers zu finden. Nimmt man ein Spiritus-Thermometer, so wird es senkrecht und umgekehrt aufgehängt, so daß der Index auf der Flüssigkeit ruht. Will man nun z. B. die Temperatur wissen, die 5 Uhr Morgens war, so wird ein mit einer Uhr in Verbindung stehender Hebel angebracht, so daß das Thermometer zu jener Zeit in eine horizontale Lage gebracht wird. Zu gleicher Zeit veranlaßt die Bewegung die Kugel des Thermometers, sich irgend einer geringen Wärmequelle, z. B. einer Lampe zu nähern, so daß der Spiritus über den neuen horizontalen Index hinaus steigt, ihn auf dem Punkt zurücklassend, bis zu welchem sich der Spiritus vor der Wiederaufrichtung des Instruments zusammengezogen hatte. Wird ein Quecksilberthermometer angewendet, so hängt man das Instrument auch senkrecht, die Kugel nach unten, der Index auf dem Quecksilber ruhend. Es wird, wie bemerkt, in eine horizontale Lage gebracht und dann kommt die Kugel mit einem stets feucht erhaltenen Pinsel von Kameelhaaren in Berührung, so daß sie abgekühlt wird und das Quecksilber sich zusammenzieht und den Index in der Höhe der Säule zurückläßt, als das Instrument in einer aufrechten Stellung befindlich war.

Später hat Hr. Blackadder den Index ganz weggelassen. Diese Abänderung ist in Fig. 49. abgebildet, in welcher man zwei Thermometer parallel auf einem Stück Holz oder Elfenbein angebracht sieht. *ab* ist ein gewöhnliches Quecksilberthermometer, *cd* ist ein gleich großes aber nicht hermetisch verschlossen

und hat am Ende der Röhre bei *e* eine kleine Kugel, in welcher etwas Quecksilber befindlich ist. Die Kugel ist mit der Röhre verkittet.

Wenn diese Thermometer senkrecht stehen, so bedeckt das Quecksilberkügelchen bei *e* die Oeffnung der Röhre und wenn man die Wärme der Hand auf *d* anwendet, so verbindet sich das Quecksilber in der Röhre mit dem in der Kugel und die erstere bleibt mit dem Metall gefüllt, so lange das Instrument eine senkrechte Stellung hat. Wird es aber durch die eben erwähnte Maschinerie in eine horizontale Lage gebracht und werden die Kugeln den Pinseln *ef* genähert, die durch ihren feuchten Stiel immer feucht erhalten werden, so wird das Quecksilber in der obern Kugel in der Oeffnung der Röhre zurückbleiben und das in der Röhre befindliche wird sinken, wie man in der Figur sieht. Seine folgende Zusammenziehung wird durch eine umgekehrte Skale angegeben, mit welcher die Angaben des andern Thermometers uns in den Stand setzen, die Temperatur im Augenblick des Umklippens des Instruments anzugeben. Da nun beide Instrumente gleich sind, wenn dieselbe Temperaturverminderung *a b* auf 50° hat sinken lassen und eine Zusammenziehung von 10° bei *ed* veranlaßt hat, so ist es klar, daß die Summe beider Zahlen den Grad angeben wird, auf welchem das gewöhnliche Thermometer, in dem Augenblick als seine Lage verändert wurde, stand, welche in diesem Falle 60° ist.

Diese Idee ist sehr sinnreich und das Instrument bei meteorologischen Beobachtungen sehr brauchbar.

7. Fig. 50. ist ein anderes Register-Thermometer, welches der Dr. Traill in Liverpool erfunden hat. Es ist ein einfaches Weingeist-Thermometer, in welchem eine Quecksilbersäule von $\frac{1}{2}$ Zoll Länge befindlich ist. An jedem Ende dieser Säule liegt ein Index von feinem Stahldraht, der mittelst eines galvanischen Ueberzuges vergoldet ist, um die Oxydation in dem Spiritus zu verhindern. Eine Einsicht in die Figur wird zeigen, wie die Veränderungen des Volums von dem Spiritus in der Kugel die Quecksilbersäule bewegen. Dadurch werden die Indices nach entgegengesetzten Richtungen getrieben, bleiben aber an den höchsten und niedrigsten Punkten, zu welchen sie durch das Quecksilber gebracht worden. Die Differenz zwischen den beiden Skalen wird die Länge der Quecksilbersäule sein. Die Indices werden mit dem Quecksilber durch einen Magnet in Berührung gebracht.

Dieses Thermometer hat den Vortheil, die *Maxima* und *Minima* durch die Volumveränderungen einer einzigen Flüssigkeit anzugeben; denn die Ausdehnung einer so kleinen Quecksilbersäule ist kaum bemerkbar. Ein Mangel des Instruments ist die Leichtigkeit, mit welcher sich das Quecksilber, sobald das Instrument stark bewegt wird, trennt, besonders wenn die Säule kurz und das Kaliber klein ist.

§. 4. Von den Differential-Thermometern.

(Hierzu Fig. 51 — 56.)

Thermometer dieser Art werden durch die allgemeinen Temperaturveränderungen in dem umgebenden Mittel nicht angegriffen, sondern sind feine Anzeiger theilweiser Veränderungen, die auf eine von ihren Kugeln wirken.

1. Der verstorbene Professor Leslie zu Edinburg war der erste, der diese Art von Thermometern bei seinen bekannten Untersuchungen über die Wärme benutzte. Es ist in Fig. 51. dargestellt. *a* und *b* sind zwei gleiche Glaskugeln, verbunden durch die Röhre *cd ef*, die theilweise mit einer gefärbten Flüssigkeit angefüllt und bei *a* und *e* ausgezehnt ist. Die Ausdehnung unterhalb *a* ist ein

Reservoir der Flüssigkeit und die bei *e* dient zu dem leichtern Eintritt der Flüssigkeit zu dem Anfang der Skale, indem Luftblasen von einer Kugel zur andern gehen. Die Flüssigkeit besteht aus concentrirter Schwefelsäure, die mit Carmin roth gefärbt worden ist. Die Skale besteht zwischen dem Gefrier- und dem Siedepunkte des Wassers aus 1000 Theilen, so daß also $10^\circ = 1^\circ$ der Celsius'schen Skale sind. Das Instrument hat einen hölzernen Fuß und ist, wie Fig. 51., häufig so eingerichtet, daß es höher oder niedriger gestellt werden kann. Jeder Schenkel des Instruments ist gewöhnlich 3 bis 6 Zoll lang und die Kugeln stehen 2 bis 4 Zoll von einander. Das Kaliber der Röhre. *e* *f* ist $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{6}$ Zoll weit; der übrige Theil des Hebers ist etwas weiter.

In die Luft oder in irgend einen Raum hingestellt, bleibt das Thermometer stationär auf 0° , die Temperatur der umgebenden Luft mag sein, welche sie will; wird aber eine von den Kugeln mehr als die andere erhitzt, so setzt die ungleiche Ausdehnung der eingeschlossenen Luft die gefärbte Flüssigkeit in Bewegung. Will man nun Versuche über die Strahlung der Wärme anstellen, so wird die Kugel *a* der Strahlung ausgesetzt und das Emporsteigen der Flüssigkeit in dem andern Schenkel gibt die Differenz der Elasticität der Luft in beiden Kugeln an.

Die Theorie des Instruments nimmt an, daß sich Gase gleichförmig mit gleicher Zunahme der Temperatur ausdehnen. Dies ist vielleicht nicht ganz wahr, aber kommt doch der Wahrheit sehr nahe.

2. Rumford's Thermoskop, als Differential-Thermometer angewendet, hat verschiedene Veränderungen erlitten. Eine sehr gewöhnliche Art ist in Fig. 52. abgebildet, an welcher die Röhre *b*, nachdem die Flüssigkeit hineingebracht worden, in die Kugel *b* eingekittet worden ist. In Fig. 53. sind die Kugeln durch das Löhrohr mit einander vereinigt. Diese Instrumente sind entweder senkrecht an einem Stativ befestigt, oder sie hängen. Die Flüssigkeit ist in der untern Kugel befindlich und die Wärme wirkt auf die obere, so daß die Röhre mit einer niederwärts gehenden Skale versehen ist.

3. Leslie's thermometrisches Hygrometer. Wenn die Kugel des Differential-Thermometers, welche die gefärbte Flüssigkeit enthält, mit mehren Papierlagen umgeben und dieses mit destillirtem Wasser angefeuchtet wird, so wird das Instrument ein Hygrometer; denn das Fallen der gefärbten Flüssigkeit in dem andern Schenkel wird die Temperaturverminderung angeben, die durch die Verdunstung des Wassers von der feuchten Oberfläche veranlaßt worden ist; und da diese Wirkung im Verhältniß zu der relativen Trockenheit der umgebenden Luft steht, so gibt sie die in der Atmosphäre enthaltene Wassermenge zu verschiedenen Beobachtungszeiten an. In den meisten Fällen sind zwei Minuten hinreichend, um die volle Wirkung des Instruments hervorzubringen; und die eingeschlossene Flüssigkeit wird dann stationär, bis die ganze Flüssigkeit von der Kugel verdunstet ist. Je trockener die umgebende Luft ist, desto rascher geht die Verdunstung vor sich und desto bedeutender wird die dadurch hervorgebrachte Kälte sein. Wenn die Luft fast mit Feuchtigkeit gesättigt ist, so erfolgt die Verdunstung langsam, die erzeugte Kälte ist mäßig, weil die Kugel eine bedeutende Menge von der verlorenen Wärme von den umgebenden Körpern wieder gewinnt; und der Grad der Erkaltung der Kugel ist ein Zeichen von der Trockenheit der Luft.

Die beste Form des Instruments ist in Fig. 54. dargestellt. Die Kugeln sind parallel und von einander gebogen; *a* ist glatt mit mehren Lagen Löschpapier umgeben, welches aus dem Gefäß *d* durch die capillarische Anziehung einiger

Seidenfäden fortwährend feucht erhalten wird. Um jede Ungleichheit durch eine störende Einwirkung des Lichts zu vermeiden, besteht die Kugel b aus blaßblauem Glas und die mit Papier überzogene Kugel ist mit seidnem Zeuge von derselben Farbe umgeben.

Gefriert das Wasser an der Kugel, so wirkt das Hygrometer dennoch; denn die Verdunstung geht auch im Verhältniß der Trockenheit der Luft von einer Eisoberfläche vor sich. Hr. Leslie nahm an, daß wenn die Kugel feucht ist, die Luft von der Temperatur der Kugel $\frac{1}{14000}$ Theil ihres Gewichts für jeden Grad des Hygrometers aufnehmen wird; und da Eis beim Schmelzen $\frac{1}{4}$ der verzehrten Wärme erfordert, um Wasser zu verdunsten, wenn die mit Papier überzogene Kugel gefroren ist: so wird das Hygrometer mehr sinken, als wenn es um 1° in 7° befeuchtet wird. Folglich muß im gefrorenen Zustande der Werth der Grade um $\frac{1}{4}$ vermehrt werden; so daß jeder Grad einer Feuchtigkeits-Absorption gleich $\frac{1}{14000}$ Theil von dem Gewicht der Luft ist.

Das Instrument kann als stationär, wie in Fig. 54., und als tragbar, wie in Fig. 56., dargestellt werden, nur daß es in letzterm Fall statt von einer Glaskapsel von einer hölzernen Büchse umgeben ist, um es in die Tasche stecken zu können.

4. Leslie's Photometer. Dies Instrument ist ein Differential-Thermometer, umgeben mit einer Röhre von sehr durchsichtigem Glase. Die eine Kugel ist entweder geschwärzt, oder sie besteht aus schwarzem Glase.

Das stationäre Photometer, Fig. 55., hat beide Kugeln, c und b, in gleicher Höhe und sie sowohl als auch die Röhren werden durch eine Kapsel aa von dem durchsichtigsten Glase gegen den störenden Einfluß des Luftzuges geschützt.

Das tragbare Photometer, Fig. 56., hat die Kugeln b und c in einer senkrechten Linie, damit die hölzerne Büchse aaa mittelst des messingenen Halses dd darüber geschoben werden kann, um das Instrument zu schützen, wenn es in die Tasche gesteckt wird. Zur größern Bequemlichkeit kann der Fuß auch abgeschoben werden. Die Kugel b besteht aus schwarzem oder dunkel röthlichbraunem Glase; c ist so durchsichtig als möglich. Die Gradirung und übrige Einrichtung des Instrumentes ist wie die des Differential-Thermometers.

Die Theorie des Photometers hängt von der Annahme ab, daß die Intensität des von irgend einem Körper ausgestrahlten Lichts, stets proportional der Temperatur ist, die an der geschwärzten Kugel erregt worden. Dies ist wohl in Beziehung auf die Sonnenstrahlen, aber nicht hinsichtlich des von irdischen Körpern ausgestrahlten Lichts richtig.

5. Pyroskop. Wenn eine Kugel des Differential-Thermometers mit dickem Silberschaum glatt bedeckt, oder von einer polirten Silberkugel umschlossen, die andere aber bloß ist, so bildet es ein Pyroskop, ein Instrument, welches der Erfinder, Hr. Leslie, dazu anwendete, um die Strahlung der Wärme in einen Raum, oder die Strahlung der Kälte von einem kalten Körper zu messen. Die übrige Einrichtung des Instrumentes ist wie die der in Fig. 52. und 54. abgebildeten.

6. Leslie's Aethrioskop ist eine andere Abänderung des Differential-Thermometers. Seine gewöhnlichste Form ist in Fig. 57. abgebildet. Die Kugel a ist von einer messingenen Kugel dd umschlossen, ohne daß sich beide berühren. Die andere Kugel b hat ungefähr die Hälfte des Durchmessers der ersten und ist in einem sphärischen Gefäß cc befindlich, welches mit einem Deckel ff versehen ist. Die Kugel a und der untere weitere Theil der Röhre ist mit

einer farbigen Flüssigkeit versehen. Dieses Instrument hat den Zweck, einen vergleichenden Begriff von der Strahlung zu geben, die von der Erdoberfläche zu den Gegenden des ewigen Frostes ansteigt.

§. 5. Von einigen besondern Anwendungen des Thermometers.

(Hierzu Fig. 58 und 59.)

1. Das Waage-Thermometer Kewley's, Fig. 58., hat folgende Einrichtung. *aa* ist eine bei *c* verschlossene Glasröhre, die sich bei *e* in eine Kugel endigt, die wiederum mit einer andern, engern Röhre in Verbindung steht, welche ebenfalls in eine Kugel *d* endigt, wie bei *f* mit der äußern Luft in Verbindung steht. Die Röhre *aa* und die Hälfte der Kugel *e* sind mit Spiritus, oder einer leicht ausdehnbaren Flüssigkeit angefüllt, die andere Röhre von *e* bis *d* mit Quecksilber. Das Ganze hängt mittelst zweier Klammern, die durch die Schrauben *oo* an den Röhren befestigt sind, in den eisernen Rahmen *hikm* B. Der Schwerpunkt kann durch die Schraube *i* festgestellt werden. Das Ganze ist in den Zapfen *mn* beweglich. Die messingene Skale *p* kann durch die Schraube *k* bewegt werden, indem letztere mit einem Getriebe versehen ist, welches in die Zähne greift, die *p* hat.

Es ist einleuchtend, daß wenn das Instrument im Gleichgewicht steht und der Spiritus in *a* durch die Wärme ausgedehnt, etwas mehr Quecksilber in die Kugel *d* getrieben wird und daher dieser Arm des Instruments das Uebergewicht erlangt. Zieht er sich dagegen zusammen, so zwingt der atmosphärische Druck das Quecksilber wiederum seine ursprüngliche Lage anzunehmen.

Das Instrument kann als ein Thermometer angewendet werden, indem man bestimmt, in welcher Temperatur es im Gleichgewicht ist und wenn irgend ein Ende das Uebergewicht hat, zu finden, wie viel erforderlich ist, um das Gleichgewicht durch Bewegung der Messingplatte *p* wieder herzustellen. Sein Hauptwerth besteht aber darin, in verschlossenen und offenen Thüren oder Fenstern angebracht zu werden, nach der Temperatur des Zimmers; in welchem Falle ein Hebel oder Zahnrad an einem der Zapfen angebracht worden ist.

2. Fig. 59. A und B gibt eine Abbildung von Wollaston's barometrischem Thermometer, welches zu Höhenmessungen angewendet wird, nach dem bekannten Grundsatz, daß das Sieden der Flüssigkeiten mit dem Druck der Atmosphäre veränderlich ist. Die Kugel des Quecksilberthermometers ist einen Zoll weit, mit einer Ausdehnung bei *h*, wie man in Fig. B sieht, und endigt sich in ein fünf Zoll langes Haarröhrchen, das oben mit einer kleinen Glaslappe *ii* verschlossen ist. Die Skale ist 4,15 Zoll lang und in 100 Theile getheilt, die durch einen Nonius in 1000 Theile zerfallen, so daß auf einen Zoll 241 Theile kommen. Um die Beobachtungen zu erleichtern, liest man die Theile durch eine kleine Linse ab, die, mit dem Index verbunden, auf der Figur aber nicht dargestellt worden ist. Der Index wird durch eine Mikrometerschraube *d* bewegt. Das Thermometer ist an der Skalaplatte und diese ist an der Scheibe *cc* befestigt, durch welche die Röhre geht, so daß die Kugel darunter befindlich ist. Die wird in einen metallenen Kessel *fg* geschoben, welcher zugleich die Büchse für das Thermometer wird, wenn man es umdreht. Die Kugel wird dann durch die Kapsel *C* geschützt, welche auch zur Abmessung des zu dem Experiment erforderlichen Wassers dient. Unter dem Boden *g* des Kessels ist eine kleine Lampe *e* angebracht. Der Kessel ist 5,5 Zoll lang und 1,2 Zoll weit, und hat oben eine Oeffnung, durch welche der Dampf entweicht, dessen Wärme auf die Kugel

wirkt. — Soll nun eine Höhe gemessen werden, so wird der Siedepunkt am Fuß der Höhe und dann auf seinem Gipfel, oder besser gleichzeitig durch zwei Beobachter an beiden Punkten bestimmt; damit keine Veränderung des barometrischen Druckes in der Zwischenzeit stattfindet. Die einzige nöthige Correction ist die des specifischen Gewichts der Luft in verschiedenen Temperaturen. Die Erweiterung der Röhre bei h hat den Zweck, das ausgedehnte Quecksilber aufzunehmen, ehe es den Siedepunkt erreicht. Die kleine Kapsel ii dient dazu, ein Quecksilberkugeln aufzunehmen, welches gelegentlich von der Säule getrennt wird, wenn man die Skale verändern will.

Das Instrument ist sehr empfindlich, so daß man einen Höhenunterschied von 3 Fuß damit messen kann, allein die Kugel ist zu zerbrechlich und deshalb sein Gebrauch auf Reisen zu beschränkt.

Vehre andere besondere Anwendungen des Thermometers sind entweder Spielereien, oder sie werden an andern Orten dieses Werkes aufgeführt werden.

§. 6. Fahrenheit's Skale.

In England bedient man sich gewöhnlich der Fahrenheit'schen Thermometerskale. Die Acta eruditorum vom Jahre 1714 erwähnen zwei von Fahrenheit verfertigte Thermometer mit einer Skale, auf welcher die Differenz der Temperatur zwischen einer Mischung von Eis und Salz und derjenigen der Achselgruben oder des Mundes eines gesunden Mannes in 24 Theile getheilt war. Je 4 solche Abtheilungen hatten eine besondere Benennung. Bei 0° z. B. stand »sehr große Kälte;« bei 4° »große Kälte;« bei 8° »kalte Luft;« bei 12° »gemäßigt;« bei 16° »warm;« bei 20° »sehr warm;« bei 24° »unerträglich heiß.« Daraus wird wahrscheinlich, daß Fahrenheit anfänglich an sechs gleiche Temperaturstufen von der größten Kälte bis zur unerträglichsten Hitze gedacht, nachher aber gefunden, daß diese Abtheilungen für genaue Beobachtungen zu groß seien, und deshalb sich veranlaßt gefunden habe, jede solche Abtheilung wiederum in 4 Theile zu zerlegen, wodurch er 24° erhielt.

Wann er später veranlaßt worden ist, jeden dieser Grade, größerer Genauigkeit halber, noch kleiner zu zertheilen, ist nicht bekannt. Aber aus einer Abhandlung Fahrenheit's in den Philosophical Transactions vom Jahre 1724 scheint sich zu ergeben, daß seine meteorologischen oder Weingeistthermometer von 3 fixen Punkten in 96 Grade getheilt waren. Die Kugel enthielt, wie Boerhaave berichtet, so viel Alkohol, daß er 1933 Grade der Skale hätte füllen können, wenn sonst die Skale diese Länge gehabt hätte.

Die drei fixen Punkte waren: 1) eine Mischung aus Eis und Salmiak oder Kochsalz gab den Nullpunkt; 2) eine Mischung aus Eis und Wasser gab den 32sten Grad; 3) die Kugel wurde in den Mund oder in die Achselgruben eines gesunden Mannes gebracht, und dadurch erhielt er den 96sten Grad, die äußerste Grenze seiner ursprünglichen Skale.

Durch die Beobachtung Amontons, daß das Wasser bei einem fixen Wärmegrade kochte, und durch die Beobachtungen anderer Naturforscher, daß die Barometerhöhe mit der atmosphärischen Temperatur variire, wurde Fahrenheit veranlaßt, einige Quecksilber-Thermometer zu verfertigen, um damit den Siedepunkt verschiedener Flüssigkeiten auszumitteln.

Die Kugel dieser Thermometer scheint, nach Boerhaave, eine Capacität von 1124 Graden gehabt zu haben, aber die Skale erstreckte sich nur bis zu 600° , bei welchem Punkte das Quecksilber zu kochen begann.

Mit diesen Thermometern fand Fahrenheit, daß Weingeist von 826 specif. Schwere bei 48° zu kochen anfangt bei 176°.

Regenwasser, von 1000 specif. Schwere bei 48°, kochte bei 212°.

Salpetergeist, von 12935 specif. Schwere bei 48°, kochte bei 242°.

Kallilauge, von 15634 specif. Schwere bei 48°, kochte bei 240°.

Vitrioldl, von 18775 specif. Schwere bei 48°, kochte bei 546°.

Flüchtige Oele fangen bald an zu kochen, aber ihre Wärme nimmt während des Kochens beständig zu, weil die meisten flüchtigen Theile entweichen.

Fixe Oele verlangen einen solchen Grad der Hitze, um in's Kochen zu kommen, daß das Quecksilber im Thermometer gleichzeitig zu sieden beginnt.

Gegenwärtig sind die Quecksilber-Thermometer mit Fahrenheit'scher Skale nur nach zwei fixen Punkten graduirt, nämlich der Gefrierpunkt oder 32° gibt eine Mischung von Eis und Wasser, und der Siedepunkt des Wassers wird mit dem 212° bezeichnet. Der Fundamentalabstand beider fixen Punkte wird in 180 Grade getheilt und die Skale wird nach aufwärts oder niederwärts mehr oder weniger verlängert, indem man die Grade eben so groß als diejenigen zwischen den beiden fixen Punkten macht.

Die Weingeist-Thermometer haben ebenfalls zwei fixe Punkte. Den Gefrierpunkt oder 32° bestimmt man durch eine Mischung von Eis und Wasser, und den obersten Punkt, welcher noch unter dem Siedepunkte des Weingeistes liegen muß, durch kochendes Wasser, welches man bis zu einem bestimmten, mit dem Quecksilber-Thermometer zu messenden Grade, sich verkühlen läßt.

Jeder Grad der Fahrenheit'schen Skale beträgt $\frac{1}{180}$ des Quecksilber-Volumens beim Gefrierpunkte.

§. 7. Reaumur's Thermometer = Skale.

Isaac Newton scheint zuerst die Idee gehabt zu haben, aliquote Theile des flüssigen Quecksilbers, beim Gefrierpunkte gemessen, zu Graden der Thermometer = Skale zu machen, und Reaumur brachte diesen Gedanken zur Ausführung.

Er gab Thermometern von großen Dimensionen den Vorzug. Die Kugeln derselben hatten $4\frac{1}{2}$ Zoll und die Röhre $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser.

Um sie zu graduiren, bediente er sich eines Maßes aus einem Stück enger Röhre verfertigt, dessen Mitte zu einer länglichen Kugel ausgeblasen und mit einem Zeichen an dem einen Ende versehen war. Dieses Maß senkte er in Wasser und ließ letzteres bis an's Zeichen eintreten, alsdann verschloß er das obere Ende mit dem Finger und nahm das Maß aus dem Wasser heraus. Die Capacität dieses Maßes betrug $\frac{1}{1000}$ von der Capacität der Kugel und eines Theiles der Röhre.

Die Skale am Thermometer war doppelt graduirt. Zur linken Hand fand man die Zahl der Maße verzeichnet, welche jedem Grad entsprachen, und zur rechten Hand die Grade der Ausdehnung oder der Zusammenziehung, erstere oben und letztere unten. Sie waren in Tausendtheilen ausgedrückt, und die Null stand gerade der Zahl Tausend an der linken Skale gegenüber. Diese Graduierung nahm sich etwa folgender Gestalt aus.

1000	3	} Grade der Ausdehnung.
1002	2	
1001	1	
1000	0	Null.

999	1	} Grade der Zusammensetzung.
998	2	
997	3	

Mit diesen Thermometern fand *Reaumur*, wie er in den *Mémoires de l'Académie Roy. des Sciences* vom Jahre 1730 selbst mittheilt, daß 400 Maß Seinenwasser, beim Gefrierpunkte geschöpft, den Raum von 445 Maß einnahmen, wenn sie bis zum Siedepunkte gebracht wurden.

Vierhundert Maß des besten Weingeistes, den man zu Paris nur haben konnte, nahmen unter ähnlichen Umständen den Raum von 435 Maß ein.

Vierhundert Maß einer Mischung von drei Theilen Weingeist und einem Theile Wasser nahmen den Raum von 430 Maß ein.

Vierhundert Maß einer Mischung von Weingeist und Wasser zu gleichen Theilen nahmen unter ähnlichen Umständen den Raum von 425 Maß ein.

Wenn ein mit Weingeist gefülltes Thermometer über einer Lampe erhitzt wird, so geräth es bei gelinder Hitze in heftiges Wallen, dehnt sich aber nicht über einen gewissen Punkt hinaus aus. Bringt man das Thermometer alsdann in kochendes Wasser, so dehnt sich der Weingeist weit mehr aus, und hebt man das Thermometer aus dem Wasser, so daß das Kochen aufhört, so steht der Weingeist in einer gewissen Höhe über dem vorigen Punkte.

Für meteorologische Zwecke füllte *Reaumur* sein Thermometer mit Weingeist, den er mit Wasser verdünnt hatte, bis er durch wiederholte Versuche endlich fand, daß 1000 Maßtheile von der Temperatur des Gefrierpunktes sich bis zu 1080 Maßtheilen ausdehnten, wenn das Thermometer in kochendes Wasser gesenkt wurde. Die 80 Grade des eigentlichen *Reaumur'schen* Thermometers bezeichneten deshalb nicht den Siedepunkt des Wassers, sondern denjenigen seines verdünnten Weingeistes, oder nach *Dr. Martine* den 180sten Grad der *Fahrenheit'schen* Skale, so daß jeder Grad der *Reaumur'schen* Skale $1,85^{\circ}$ F. beträgt. Bei diesen Reductionen herrscht aber viele Unbestimmtheit, und man verwandelt die *Reaumur'schen* Grade in der Regel auf die Weise in *Fahrenheit'sche*, daß man jeden der ersteren zu $2\frac{1}{4}^{\circ}$ F. annimmt.

Man behauptet, daß diese Confusion daher rühre, daß *Deluc*, der französische Vorleser der jetztverstorbenen alten Königin von England, den Fundamentalabstand des Gefrierpunktes und des Siedepunktes auf seinen Quecksilber-Thermometern ebenfalls in 80° getheilt habe. Man erzählt, daß *la Condamine* ihm gerathen habe, eine andere Eintheilung anzunehmen, damit seine Skale nicht mit derjenigen *Reaumur's* verwechselt werde; daß aber *Deluc* den Rath seines Freundes nicht befolgt habe, weil die Zahl 80 den Vortheil mehrerer Divisoren in ganzen Zahlen gewährt. Auf diese Weise nun wurden die beiden Thermometer-Skalen, die doch eigentlich so verschieden sind, mit einander verwechselt, und unter andern *Deluc's* Skale, welche er in seinen *Recherches sur les Modifications de l'Atmosphère* 1772 mittheilt, führt noch jetzt durchgängig den Namen der *Reaumur'schen* Skale.

Wenn verdünnter Weingeist in einem verschlossenen Thermometer sich befindet, so scheint er, vermöge des Druckes seines eigenen Dunstes, eine höhere Temperatur aushalten zu können, als die seines eigenen Siedepunktes. Da aber seine Ausdehnung nicht mit derjenigen des Quecksilbers identisch ist, so kann die Reduction der Grade eines Weingeist-Thermometers auf diejenigen eines Quecksilber-Thermometers nicht aus der bloßen Betrachtung des Verhältnisses zwischen den 80 Graden der *Reaumur'schen* Skale und den 180 Graden, in

welche auf der Fahrenheit'schen Skale der Fundamentalabstand des Gefrierpunktes und des Siedepunktes des Wassers abgetheilt ist, bewerkstelligt werden.

Deluc selbst hat folgende Skale der zusammentreffenden Punkte eines Quecksilber-Thermometers und eines Weingeist-Thermometers mitgetheilt. Auf beiden Thermometern war der Fundamentalabstand des Gefrierpunktes und des Siedepunktes des Wassers in 80 Grade abgetheilt, und beide Instrumente wurden stufenweise in demselben mit Wasser gefüllten Gefäße erhitzt.

Quecksilber	Weingeist
80°	80,0°
75	73,8
70	67,8
65	61,9
60	56,2
55	50,7
50	45,3
45	40,2
40	35,1
35	30,3
30	25,6
25	21,0
20	16,5
15	12,2
10	7,9
5	3,9
0	0,0
— 5	— 3,9
— 10	— 7,7

Aus diesem Versuch ergibt sich, daß die gewöhnliche Reduction der mit Weingeist-Thermometern von Reaumur'scher Skale beobachteten Temperaturgrade auf Grade der Fahrenheit'schen Skale nur sehr plumpe Annäherungen gibt und sogar einen Fehler von mehr als 10° herbeiführen kann. Die beobachtete Temperatur soll z. B. 35,1° betragen; so würde man durch die Reduction 111° F. erhalten, während aus Deluc's Versuchen hervorgeht, daß die wirkliche Temperatur nicht weniger als 122° beträgt.

Reaumur fand, daß sein Thermometer in tiefen Höhlen oder Kellern das ganze Jahr hindurch auf 10,2° stand.

§. 8. Delisle's Thermometer-Skale.

Eine ähnliche Unsicherheit besteht hinsichtlich der Reduction dieser Skale auf Fahrenheit'sche Grade.

Diese Skale ist ungefähr auf den nämlichen Grundsatz, wie die Reaumur'sche Skale basiert: Delisle hat den Siedepunkt des Wassers zum fixen Punkt und die Zusammenziehung des Quecksilbers zum Maßstabe der Grade genommen. Der Siedepunkt des Wassers ist mit Null bezeichnet, und die Graduirung geht nun abwärts. Jeder Grad beträgt $\frac{1}{10000}$ vom Volumen des Quecksilbers beim Siedepunkte des Wassers.

Nach dieser Art der Schätzung der Wärme oder vielmehr der Kälte, die durch das russische Klima an die Hand gegeben zu sein scheint, fiel der Gefrierpunkt des Wassers etwa auf den 153sten Grad von Delisle's ursprünglicher

Skale, und nach derselben muß man die Beobachtungen Swelin's reduciren. Aber nach einigen Jahren scheint man die Vortheile der Graduirung nach zwei fixen Punkten eingesehen und die Berechnung der Zusammenziehung des Quecksilbers aufgegeben zu haben. Um eine runde Zahl zu erhalten, setzte man den Gefrierpunkt bei 150° unter Null.

Diese Skale ist nur in Rußland gebräuchlich.

§. 9. Die Skale des Celsius oder die hunderttheilige.

Celsius nahm im Jahr 1742 den Gefrierpunkt des Wassers als den einen fixen Punkt und den Siedepunkt desselben als den andern fixen Punkt an und theilte den Fundamentalabstand in 100 Grade von gleicher Capacität. Das Quecksilber war die Flüssigkeit, deren Ausdehnung gemessen wurde.

Diese Skale ist neuerdings in Frankreich unter dem Namen der hunderttheiligen Skale angenommen worden. Jeder Grad derselben ist gleich $1,8^\circ$ F.

In England hat man fast durchgehends die Fahrenheit'sche Skale angenommen, und sie gewährt auch wirklich manche Vortheile. Ihre Abtheilungen z. B. sind die kleinsten, und deshalb kommen seltener Brüche vor. Da sie ferner so tief unter dem Gefrierpunkte des Wassers beginnt, so braucht man selten zu negativen Brüchen seine Zuflucht zu nehmen.

Am meisten gebräuchlich in Europa sind also jetzt die Skalen von Reaumur, Celsius und Fahrenheit, und es kommt häufig vor, daß man die Grade der einen auf diejenigen der andern zu reduciren hat. Eine solche Reduction ist ein sehr einfaches Rechenexempel. Um Grade der hunderttheiligen Skale in Fahrenheit'sche zu verwandeln, multiplicirt man mit 1,8 oder mit 6 und 0,3 und bezeichnet die letzte Ziffer des Productes als einen Decimalbruch. Z. B. 17° der hunderttheiligen Skale sind $= 17 \times 6 \times 0,3 = 30,6^\circ$ F.

Da aber erstere Skale den Schmelzpunkt des Eises mit 0° und letztere mit 32° bezeichnet, so muß man zu $30,6^\circ$ noch 32 addiren, um den richtigen Fahrenheit'schen Grad $62,6^\circ$ zu bekommen.

Eine andere Formel derselben Verwandlungsregel ist: multiplicire die Grade der hunderttheiligen Skale mit 2 und ziehe von dem Producte den fünften Theil der erstern ab, so wird der Rest die gewünschte Verwandlung geben, z. B.

$$17 \times 2 - \frac{17}{5} = 30,6^\circ.$$

Wünscht man eine Fahrenheit'sche Gradbestimmung in eine der hunderttheiligen Skale zu verwandeln, so muß man von ersterer erst 32° abziehen, da bei letzterer der Schmelzpunkt des Eises mit 0° bezeichnet ist. Um also 95° F. richtig auf die hunderttheilige Skale zu reduciren, hat man folgenden Ansatz zu machen: $95 - 32 = 63$;

$$\frac{63}{6 \times 0,3} = 35^\circ, \text{ nach der hunderttheiligen Skale.}$$

Wer in arithmetischer Reduction Gewandtheit besitzt, der wird wissen, wie vortheilhaft es ist, sich wo möglich auf eine Regel zu beschränken und nicht zwei oder mehre unter einander zu mischen. Deshalb scheint die gewöhnliche Regel, die man zur Verwandlung der Fahrenheit'schen in hunderttheilige Grade anwendet, indem man mit 9 multiplicirt und mit 5 dividirt, nicht so zweckmäßig zu sein, als die vorhergehende. Aber was die Reaumur'sche Skale anlangt, die jetzt seltener vorkommt, kann man das gewöhnliche Verhältniß von 9 zu 4 anwenden, oder zum Doppelten den 4ten Theil addiren:

$$F^{\circ} = \frac{9}{4} R^{\circ} \text{ und}$$

$$R^{\circ} = \frac{4}{9} F^{\circ}.$$

So verhalten sich diese beiden Gradbestimmungen zu einander; immer müssen indessen die 32 Grade in Anschlag gebracht werden.

$$F^{\circ} - 32^{\circ}$$

$$C^{\circ} =$$

$$6 \times 0,3$$

$$F^{\circ} = (C^{\circ} \times 6 \times 0,3) + 32^{\circ}$$

$$R^{\circ} = \frac{4 (F - 32)}{9}$$

$$F^{\circ} = \frac{9}{4} R + 32^{\circ}$$

$$C^{\circ} = \frac{R^{\circ}}{0,8}$$

$$R^{\circ} = 0,8 \times C^{\circ}.$$

§. 10. Specifische Wärme.

Die Lehre der specifischen Wärme oder der Wärmecapacität, wie sie auch genannt zu werden pflegt, ist von theoretischen Chemikern viel studirt worden, aber ihre Arbeiten haben der Praxis wenig Nutzen gebracht.

Wenn zwei gleiche Theile derselben Flüssigkeit bei verschiedenen Graden der Wärme zusammengemischt werden, so beträgt die Wärme der Mischung fast das arithmetische Mittel beider; werden aber verschiedene Substanzen zusammengemischt, so erhält man oft, wenn auch keine chemische Gegenwirkung stattfindet, ein ganz anderes Resultat.

Bringt man ein Pfund Wasser von 100° F. mit einem Pfund Quecksilber von 40° F. in Berührung, so wird die Temperatur beider nicht 70°, sondern 97,5° betragen. Obgleich nun das Pfund Wasser nur 2,5° Wärme abgetreten hat, so ist diese Wärme doch im Stande gewesen, die Temperatur des Quecksilbers bis auf 57,5° zu erhöhen.

Daraus ergibt sich durch Berechnung, daß, wenn das Quecksilber irgend einer Wärmequelle exponirt wird, seine Temperatur für jeden einzelnen Grad Wärme, den ein ähnliches Gewicht Wasser erlangt, um 23° erhöht wird; denn

$$57,5 : 2,5 = 23 : 1.$$

In der folgenden Tabelle sind die relativen Wärmequantitäten angegeben, welche nöthig sind, um 1 Pfund der Substanz nach irgend einer Skale um einen Wärmegrad zu erhöhen. Zur Einheit hat man die Erwärmung eines Pfundes Wasser um 1° angenommen und diese Einheit durch 10000 ausgedrückt. Diese Tabelle enthält nur die Substanzen, welche in den Künsten am gebräuchlichsten sind.

Diese Zahlen sind zwar für die Praxis ausreichend, man darf indessen nicht zu großes Vertrauen in dieselben setzen. Die beiden letzten Stellen sind ohne Zweifel sehr unrichtig, und ich möchte nicht einmal die Stelle der Hunderter für zuverlässig halten. Da ich die Resultate jedes Versuchsanstellers mitgetheilt habe, so kann man, wenn man es für zweckmäßig erachtet, die mittlere Durchschnittszahl nehmen.

Atmosphärische Luft	2669
Stickstoffgas	2754
Wasserstoffgas	32936
Delbildendes Gas	4207
Kohlenoxydgas	2884
Kohlensäuregas	2210
Sauerstoffgas	2361
Wasserdampf	8470
Wasser	10090
Eis	8000
Holzkohle	2631
Steinkohle	2800
Rückstand der Verbrennung (cinders)	1900
Steinkohlensche	1860
Tannenholz	6500
Eichenholz	5100
Buchenholz	4800
Holzasche	1400
Schwefel	1880
Schwefelsäure (sp. Sch. 1885)	7580
desgl. (sp. Sch. 1872)	4290
desgl. (sp. Sch. 1844)	3500
desgl. (4. Wasser 5)	6631
desgl. (4. Wasser 3)	6031
desgl. (18. Wasser 10)	5200
Salpetersäure (sp. Sch. 1200)	7600
desgl. (sp. Sch. 1300)	6600
desgl. (sp. Sch. 1360)	6300
Salzsäure (sp. Sch. 1153)	6000
Essig	9200
Essigsäure	6600
Kali = Auflösung (sp. Sch. 1346)	7590
Ammoniumflüssigkeit (sp. Sch. 997)	7080
desgl. (sp. Sch. 948)	10300
Weingeist (Kirwan)	10860
desgl. (Irving)	9300
desgl. (Crawford)	6666
desgl. (Leslie)	6400
desgl. (Rumford sp. Sch. 853)	5897
desgl. (sp. Sch. 818)	5499
desgl. (Dalton sp. Sch. 848)	7600
desgl. (sp. Sch. 817)	7000
Gold (Kirwan)	500
desgl. (Dulong und Petit)	298
Silber (Wilde)	820
desgl. (Dulong u.)	557
Quecksilber (Lavoisier)	290
desgl. (Dulong u.)	330
desgl. (Dalton)	496
Platin	1314

Blei (Dulong z.)	293
desgl. (Crawford)	352
desgl. (Wilke)	420
desgl. (Kirwan)	500
bleiglätte	680
Zinn (Dulong z.)	514
desgl. (Wilke)	600
desgl. (Dalton)	700
Zinnoxyd	990
Eisen (Dulong z.)	1100
desgl. (Kirwan)	1250
desgl. (Dalton)	1300
desgl. (Crawford)	1430
Eiseneisen (Tredgold)	1400
Eisenoxyd	3200
Eisenrost	2500
Kupfer (Dulong z.)	909
desgl. (Wilke)	1140
Kupferoxyd	2272
Kanonmetall	1100
Zink	927
Zinkoxyd	1369
Messing	1160
Regulines Antimonium (Wilke)	630
desgl. (Kirwan)	860
Wismuth (Dulong z.)	288
desgl. (Wilke)	430
<hr/>	
Kreide	2700
Unlöslicher Kalk (Dalton)	3000
desgl. (Crawford)	2209
Löslicher Kalk	4000
Steingut oder Fayance	1950
Kronglas	2000
Crystall	1929
Schwedisches Glas	1870
Flintglas (Kirwan)	1740
desgl. (Dalton)	1900
Französisches Glas	1770
<hr/>	
Aether	5432
Olivendöl (Kirwan)	7180
desgl. (Leslie)	5000
Leindöl (Kirwan)	5280
desgl. (Kumford)	4519
Wallrath (Ure)	5970
desgl. (Dalton)	5200
Terpentindöl (Kirwan)	4720
desgl. (Kumford)	3385
Naphtha	4151

§. 11. Wärmeleitungsfähigkeit.

Die Wärme besitzt eine für die Praxis sehr wichtige Eigenschaft, bei welcher wir jetzt verweilen wollen. Diese Eigenschaft besteht in der größern oder geringern Geschwindigkeit, mit welcher sie in demselben Körper von einem Massentheilchen zum andern übergeht, und ferner in der Geschwindigkeit, mit welcher gewisse Körper ihre Wärme andern Körpern mittheilen.

Am schnellsten wird die Wärme von Metallen geleitet; denn wenn man das Ende eines Metallstabes, der von beträchtlicher Länge sein kann, stark erhitzt, so wird bald das andere Ende so warm, daß man es nicht in den Händen halten kann.

Das Silber nimmt in Betreff der Leitungsfähigkeit den ersten Rang ein; Andere nehmen ihn für das Gold in Anspruch. Das Platin ist dagegen ein sehr schlechter Wärmeleiter, denn man kann einen Platindraht von wenig Zollen Länge ziemlich lange in die Flamme einer Kerze halten, ohne sich die Finger zu verbrennen.

Die nächsten schlechtesten Wärmeleiter sind Holzkohlen und Coke, welche man über starkem Feuer durch Destillation gewonnen.

Die Steine sind indessen noch schlechtere Wärmeleiter, als die geschwelte Kohle, und das Glas ist der schlechteste Wärmeleiter, den man kennt. Schüttet man deshalb bei kalter Witterung eine warme Flüssigkeit in ein gläsernes Gefäß, so pflegt es leicht zu zerspringen. Dieses rührt davon her, daß die äußere Fläche des Glases sich nicht so schnell ausdehnt als die innere. Dieses Mißgeschick ereignet sich am häufigsten bei dicken Gläsern und besonders dann, wenn sie an einer Stelle stärker sind, als an der andern. Deshalb macht man die Glaskolben oder Retorten so dünn als möglich.

Die Holzasche ist ein schlechterer Wärmeleiter als der Sand. Man wendete sie sonst in den Cupellenofen an, wenn man nur einer gelinden Wärme bedurfte. Die Backsteine sollen noch schlechtere Wärmeleiter, als Stein oder Glas sein. Eine Mischung von Thon und geschwelter Kohle leitet die Wärme so schlecht, daß man einen kleinen Cylinder von 1 Zoll Länge an dem einen Ende in der Hand halten kann, während das andere Ende der Rothglühbirne ausgesetzt ist. Diese Mischung eignet sich deshalb ganz vortreflich zur Verfertigung der Stöpsel, mit welchen man die Oeffnungen chemischer Ofen verschließt, oder die blechernen Ofenthüren beschlägt. Ein Beschlag dieser Art von der Stärke eines Zolles hält die Wärme in einem Schmelzofen so gut zusammen, daß ein an die Außenseite einer solchen Ofenthür gehaltenes Papierstückchen häufig nicht einmal versengt wird.

Das Holz ist ebenfalls ein so schlechter Wärmeleiter, daß bei einem Versuche, welcher zu dem Behuf angestellt wurde, seine Leitungsfähigkeit mit derjenigen des Eisens zu vergleichen, das eine Ende eines Holzstückes verbrannte, ohne daß es im Abstand einiger Zolle erwärmt werden konnte. Schlechtere Wärmeleiter sind indessen das Coke und die Holzkohle, welche man durch Schwelen erlangt. Deshalb sind diese Substanzen im gepulverten Zustande sehr gut anzuwenden, um den leeren Raum zwischen doppelten Ofen- oder Kaminmauern auszufüllen.

Federn, Seide und Haare oder Pelzwerk sind ebenfalls schlechte Wärmeleiter, was zum größten Theile von der zwischen ihren Fasern befindlichen Luftmenge herzurühren scheint.

Wir wollen hier eine Tabelle mittheilen, welche das Verhältniß der Lei-

tungsfähigkeit verschiedener Körper ausdrückt, die vielleicht in der Praxis von einigem Nutzen sein möchte, wenn sie auch von geringem Umfang und vielleicht nicht ganz genau richtig ist.

Substanzen.

Verhältniszahlen der Leitungsfähigkeit.

Gold	1000
Silber	973
Kupfer	898
Eisen	374
Zink	363
Zinn	304
Blei	180
Marmor	24
Porzellan	12
Erde, aus welcher die chemischen Defen verfertigt werden	11

Das Quecksilber ausgenommen, weil es ein Metall ist, sind alle Flüssigkeiten schlechte Wärmeleiter, sobald nämlich die Wärme nicht auf den untersten Theil des Gefäßes wirkt, in welchem sie enthalten sind; denn in diesem Fall erhebt sich jedes successive Massentheilchen, so wie es erwärmt wird, und verursacht eine Circulation, durch welche die Wärme allen Theilen der Flüssigkeit schnell mitgetheilt wird.

Wenn die Wärme dem Boden des Gefäßes schneller mitgetheilt wird, als die erwärmten Massentheilchen durch die über ihnen liegende Flüssigkeitsschicht sich ihren Weg bahnen können, so verwandeln sie sich in Dampf und verdichten sich während des Aufsteigens, oder gelangen in Gestalt von Bläschen empor und bersten an der Oberfläche. Daraus entsteht ein heftiges Wallen, in Folge dessen Glasgefäße manchmal zerspringen. Um den Durchgang der Wärme in der Flüssigkeit zu begünstigen, benutzen einige Chemiker eine von Gay-Lussac gemachte Beobachtung. Sie thun nämlich spiralförmig gewundenen dünnen Platindraht in die Glasgefäße, um die Wärme schneller durch alle Theile der Flüssigkeit zu leiten und das Zerspringen der Gefäße in Folge des heftigen Aufwallens zu verhüten. Dieses Mittels bedienen sich hauptsächlich die Schwefelsäure-Fabrikanten, wenn sie ihre Säure in großen Glaskolben concentriren wollen. Unter allen Substanzen ist wohl die atmosphärische Luft der schlechteste Wärmeleiter. Diese Eigenschaft derselben kennt man schon seit langer Zeit in Italien; auch haben italienische Schriftsteller häufig doppelte und dreifache Mauern mit leeren Räumen zwischen denselben als ein Mittel empfohlen, sich sowohl gegen die Sommerwärme, als gegen die Winterkälte zu schützen, indem sie ganz richtig bemerkten, daß diese leeren Räume nicht allein dieselbe Wirkung einer massiven Mauer von gleicher Dicke besitzen, sondern daß sie auch in einer Rücksicht noch einen Vorzug haben, indem die Luft derselben bei einer gleichmäßigeren Temperatur erhalten wird.

Von demselben Grundsatz ausgehend, hat man in warmen Ländern als Material für Mauerwerk Bimsstein und Tuffstein empfohlen. Aus demselben Grunde gab Hr. Watt den Cylindern seiner Dampfmaschinen eine Mantelumhüllung, und der Graf Rumford empfahl doppelte Deckel für Kessel und Kochgeräthe, und doppelte Fenster für die Wohnzimmer. Hr. Tregold hat in diesem Betreff bemerkt, daß man sich eben so gut und mit geringern Kosten

vor den Veränderungen der atmosphärischen Temperatur schützen könne, wenn man nur einen einzigen Fensterrahmen mit doppelten Glasscheiben von ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll Abstand anwenden wolle.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die erwärmten Körper ihre Wärme andern Körpern mittheilen, ist nicht so sorgfältig untersucht worden, als die größere oder geringere Geschwindigkeit, mit welcher sich die Wärme durch ihre eigene Masse verbreitet, obschon eine solche Untersuchung von großem Interesse ist. Die Schwefelsäure theilt vorzüglich langsam ihre Wärme andern Körpern mit; denn die Arbeiter gießen sie bei einer Temperatur von 200° oder 190° F. aus der Retorte in andere Glasgefäße. Wollte man Wasser von solcher Wärme in Glasgefäße gießen, so würden sie unfehlbar zerspringen.

Kochender Theer bietet ein ähnliches Beispiel dar. Hr. Davenport erzählt in den *Annals of Philosophy* vom Jahr 1817, daß er in siedendem Theer von 220° seine Hand eben so lange als in Wasser von 140° F. eintauchen konnte. Die Arbeiter, welche das Tauwerk theeren, tauchen beständig ihre Hände und Arme in den siedenden Theer von dieser Temperatur ein, obgleich dieselbe den Siedepunkt des Wassers übersteigt.

Wenn Personen einige Minuten lang die Hitze der Backöfen von 270° F. vertragen, um z. B. die Brode in denselben ordnen zu können, so will man dieses ebenfalls durch die geringe Wärmeleitfähigkeit der Luft erklären u.

Dritte Abtheilung.

Die verschiedenen Arten
der

Thermometer, Barometer, Pyrometer, Kräome-
ter, Hygrometer, Hydrometer &c.

und

die neuesten Erfindungen und Verbesserungen derselben.

§. 1. Mortimer's Metallthermometer.

(Hierzu Fig. 60. bis 62.)

Mit den gewöhnlichen Thermometern kann man nur die niedern Temperaturgrade messen. Da sie aus Glas verfertigt sind, so pflegen sie auch sehr zerbrechlich zu sein, und es ereignet sich oft, daß sie zerspringen, wenn sie aus einer großen Wärme herausgenommen und zu plötzlich der Kälte ausgesetzt werden. Dr. Gromwell Mortimer kam auf den Gedanken, ob nicht die Eigenschaft der festen Körper und besonders der Metalle, sich in der Kälte zusammenzuziehen und in der Wärme auszudehnen, zur Verfertigung eines Instrumentes könnte benutzt werden, mit welchem man im Stande sei, alle Grade sowohl der größten Kälte, als der größten Wärme zu messen?

Obgleich die Veränderungen, welche die Metalle durch die Wärme erfahren, im Verhältnisse zu den Veränderungen des Weingeistes oder selbst des Quecksilbers nur gering sind, so hat man doch gefunden, daß das Eisen, während es von der gewöhnlichen Temperatur bis zur Rothglühhitze übergeht, um den sechzigsten Theil sich verlängert. Daraus ergibt sich aber, daß von 40° F. unter Null bis zur größten Hitze, welche das Eisen vertragen kann, ohne zu schmelzen, ein Stab von 3 Fuß Länge sich um $\frac{1}{4}$ Zoll verlängert haben muß. Diese Zunahme der Länge, wie gering sie auch sei, ist dennoch ausreichend, alle Wärmegrade bemerkbar zu machen, die man mit einem Instrumente muß beobachten können.

Das Instrument, wie es von Hrn. Jackson im Jahr 1736 unter Leitung Graham's und Ellicot's ausgeführt wurde, ist Fig. 60. und 61. dargestellt.

Fig. 60. ab ist ein runder Stab aus Stahl oder Messing, $\frac{1}{4}$ Zoll dick und 3 Fuß 1 Zoll lang. Ist der Stab aus Messing verfertigt, so pflegt er 3 Fuß lang zu sein, und die Spitze a ist aus Stahl, 1 Zoll lang und wird angeschraubt, damit sich die Spitze nicht so leicht abnutze.

cd sind zwei eiserne Stützen, zusammengelügt am untern Ende durch eine breite Querstrebe dd von 2 Zoll Länge. In der Mitte derselben befindet sich ein kleiner Punkt von $\frac{1}{4}$ Zoll Höhe, der in eine Oeffnung am untern Ende des Stabes b eindringt und dazu dient, den Stab unten fest zu erhalten, was

auch das Querband ** in zwei Drittheilen der Höhe der eisernen Stützen bewirken soll, denn in der Mitte hat es ein Loch, durch welches der Stab durchgeführt ist. Der Stab greift endlich bei a in ein kleines Loch an der Unterseite eines Hebels ein. Diese Vorrichtungen dienen alle dazu, den Stab fest und stätig an seiner Stelle zu erhalten. Die eisernen Stützen sind platt, und von c nach x parallel laufend mit dem Vordertheile des Apparates. Bei x werden sie halbrund, so daß die untern Theile im rechten Winkel zu den obern Theilen stehen;

ef ist der Hebel, welcher sich auf der Achse g dreht.

Bei f bemerkt man eine Schnur, welche zwei Mal über die kleine Rolle h geschlagen ist und ein Gewicht i von einem halben Pfunde trägt, damit die Schnur immer straff sei; am andern Ende e des Hebels hängt ein anderes Gewicht l von hinlänglicher Schwere, um nicht nur den längern Arm gf im Gleichgewichte zu erhalten, sondern auch, um gegen den Punkt a hin den kürzern Hebelarm niederzudrücken und dadurch den Stab ab in seiner Lage fest zu erhalten.

mno ist der hintere Theil einer messingenen Scheibe von der Gestalt eines Zifferblattes. Die vordere Seite derselben ist Fig. 62. abgebildet. Die Rolle h Fig. 60. dreht sich um eine Achse c, welche durch das Zifferblatt läuft und an der Vorderseite desselben einen Zeiger ab in Bewegung setzt.

Die Verhältnisse des Stabes und des Hebels sind willkürlich. Die Stäbe Mortimer's, sowohl die messingenen, als die stählernen, waren 3 Fuß lang und hatten eine conische stählerne Spitze von 1 Zoll Höhe, die oben angeschraubt wurde. Von e bis a war der Hebel 4 Zoll, von a bis g $1\frac{1}{2}$ Zoll und von g bis f 12 Zoll lang. Die Höhe von c bis g betrug $1\frac{1}{2}$ Zoll. Die messingene Rolle h hatte $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und alle übrigen Theile waren aus Eichenholz verfertigt.

Die Hauptstütze oder der Pfeiler pq war 1 Zoll in's Gevierte und $2\frac{1}{2}$ Fuß hoch. Bei q war er in ein schweres hölzernes Fußgestell rs eingelocht, so daß er, vermöge eines Dreifusses, höher oder niedriger, je nachdem es sich nothwendig machte, gestellt werden konnte. Hatte er mit dem untern Ende des Stabes ab gleiches Niveau, so konnte man ihn mittelst der Schraube t feststellen.

Fig. 62. gibt eine Darstellung des Zifferblattes oder der vordern Seite der Platte mno in Fig. 60. Die Platte ist aus Messing, das man mit einem starken Papier überzieht, und kann jede beliebige Größe haben. An Dr. Mortimer's Instrument hatte dieses Zifferblatt 11 Zoll Durchmesser.

ab ist der Zeiger, welcher sich mit der Achse c bewegt, an welcher die Rolle h in Fig. 60. befestigt ist. Der äußere Ring muß so breit gelassen werden, daß man chemische Charaktere oder Zeichen darauf schreiben kann.

Der Kreisbogen de enthält die Abtheilungen von Fahrenheit's Quecksilber-Thermometer, und der Bogen fg diejenigen von Reaumur's oder vom Weingeist-Thermometer.

Um dieses Instrument für den Gebrauch zu adjustiren, setzt man das untere Theil des Stabes b in Fig. 61. bis zu dem Zeichen + in kaltes Fluß- oder Regenwasser, das sich in einem Gefäße befindet, welches über's Feuer gesetzt werden kann. Nachdem das Wasser eine Viertelstunde gekocht hat, dreht man den Weiser ab in Fig. 62., bis er die horizontale Stellung bei h angenommen hat, was der Siedepunkt des heißen Wassers ist, und der Abtheilung von 212° auf Fahrenheit's Stale entspricht. Alsdann nimmt man das untere Ende

aus dem Wasser und trocknet es ein wenig über dem Feuer. Jetzt kommt nun alles darauf an, daß die Stellung des Zeigers durch nichts verändert werde, und deshalb möchte es zweckmäßig sein, denselben mittelst einer Druckschraube an der Achse c zu befestigen.

Läßt man nun das Instrument an der Luft verköhlen, so wird der Zeiger unter b hinabrücken und geringere Wärmegrade als die des kochenden Wassers anzeigen. Wird nun das Instrument in schmelzendes Zinn, Blei u. s. w. eingetaucht, so wird es die Wärmegrade anzeigen, welche über dem Siedepunkte des Wassers liegen. Ein Messingstab ist ausreichend, um die größten Grade der Kälte und alle Grade der Wärme bis zum Schmelzpunkte des Silbers und Goldes zu messen. Will man aber größere Grade der Wärme damit messen, so muß der Stab aus Stahl oder aus dem feinsten Eisen verfertigt sein.

Ein Eisenstab, den man mit kochendem Wasser auf die eben beschriebene Weise regulirt hat, vermag nicht allein den Wärmegrad von schmelzendem Zinn und Blei, sondern auch von schmelzendem Silber, Gold und Kupfer zu messen und endlich alle Temperaturen bis zur Schmelzung des Eisens. Ueber diesen Punkt hinaus wendet man einen Stab aus Psephenon an, den man mit Quecksilber abjustirt, denn bei selbigem kann man nie Wasser anwenden. Mit diesem thönernen Stab kann man die Wärmegrade bis zur Verglasung der Substanzen messen.

In großen Treiböfen oder Hochofen kann man ein solches Instrument nicht anwenden, aber in den Defen, wo Blei und Zinn geschmolzen wird, läßt sich eine kleine Oeffnung anbringen, durch welche eine Portion geschmolzenes Metall heraustritt und dennoch in Verbindung mit der übrigen Metallmasse im Ofen steht. In dieses geschmolzene Metall kann man alsdann das Instrument eintauchen.

Um ein Thermoskop an Eisen-, Kupfer- oder Glasöfen anzubringen, müßte man eine Stelle vorrichten, die zwar keine Oeffnung in den Ofen hat, sondern nur die Dicke eines Steines oder Backsteines besitzt. An diese Stelle müßte das Instrument gebracht werden, und obgleich hier nicht die wirkliche Hitze im Ofen stattfindet, so wird es doch einen vergleichungsmäßigen Wärmegrad unter gleichen Umständen zu verschiedenen Zeiten anzeigen, so daß man daraus abnehmen kann, wie die Glut im Ofen regulirt werden muß.

§. 2. Wedgwood's Thermometer oder Pyrometer.

Eine Dunkelroth-, Hellroth-, und Weißglühhize sind unbestimmte Ausdrücke, und obgleich diese drei Stadien hinlänglich verschieden von einander sind, so liegen sie doch noch immer zu weit auseinander entfernt. Der Grad der Helligkeit des Feuers nimmt mit seiner Kraft durch eine Menge Abstufungen zu, die sich weder mit Worten bezeichnen, noch durch's Auge unterscheiden lassen.

Wedgwood hatte die Bemerkung gemacht, daß Mischungen von Eisenoryden und Thon im Feuer eine Mannichfaltigkeit bestimmter Farben und Schattirungen annehmen und hoffte daraus nützliche Criteria für die verschiedenen Grade der Wärme zu folgern.

Man muß indessen bekennen, daß ein Thermometer, welches sich auf diesen Grundsatz gründet, für den allgemeinen Gebrauch sehr un bequem sei; denn die Begriffe der Farben lassen sich durch Worte sehr schwierig mittheilen; auch vermögen nicht alle Augen die Farben gleich gut zu unterscheiden und besonders die Abstufungen derselben, welche einander sehr nahe liegen. Dann ist man

endlich nicht immer im Stande, sich vor der Wirkung der Dämpfe zu sichern, welche die Farben sehr merklich verändern.

Während man diesen Gegenstand eines aufmerksamen Nachdenkens würdigte, entdeckte man in den thonhaltigen Substanzen eine andere Eigenschaft, die in jeder Art derselben, die wir bis jetzt kennen gelernt haben, in größerm oder geringerm Grade vorherrscht, so daß man sie für ein charakteristisches Merkmal dieser Classe von Körpern betrachten kann. Diese Eigenschaft beruht nämlich in der Verminderung ihres Volumens im Feuer. Durch Versuche, welche in dieser Hinsicht angestellt worden sind, hat man bald gefunden, daß diese Eigenschaft einen weit genauern und umfangreichern Maßstab, als die verschiedenen Farbenabstufungen des Feuers für die Grade der Wärme abgibt.

Die Verminderung des Volumens beginnt bei diesen Thonkörpern schon in einer schwachen Rothglühige und schreitet mit der Zunahme der Glut ziemlich regelmäßig bis zur Verglasung des Thones, und folglich bis zum äußersten Wärmegrade fort, den Schmelztiigel oder andere aus diesem Material verfertigte Gefäße auszuhalten vermögen. Die Totalzusammenziehung, welche bei einigen guten Thonforten in der stärksten Glut stattfindet, beträgt mehr als den vierten Theil ihres Volumens nach allen Dimensionen.

Unter allen Sorten, die versucht worden sind, scheinen einige Sorten des reinsten Porzellan-Thones aus Cornwallis sich am besten zu eignen, die Intensität der Glut zu ertragen und die Grade ihrer Wärme zu messen.

Um dieses Material für thermometrische Zwecke zuzubereiten und zu benutzen, wendete Wedgwood folgendes Verfahren an:

Der Thon wird erst geschlämmt und dann in diesem verdünnten Zustande durch ein feines Sieb gerieben, dann getrocknet und in Büchsen aufbewahrt.

In diesen Büchsen gut getrocknet, erleidet er eben so wenig Veränderungen der Qualität, als auf seinem natürlichen Lager, was freilich nicht der Fall zu sein pflegt, wenn er lange Jahre der Wirkung der Luft und der Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Die Oeffnungen der Siebe, durch welche Wedgwood seinen Thon zu reiben pflegte, betragen etwa $\frac{1}{100000}$ eines Zolles.

Soll der trockene Thon für thermometrische Zwecke zuerichtet werden, so erweicht man ihn mit etwa $\frac{1}{2}$ seines Gewichtes Wasser und formt kleine Stücke in kleinen Metallformen von $\frac{1}{10}$ Zoll Breite, und ziemlich genau parallelaufenden Seiten von $\frac{1}{10}$ Zoll Tiefe und 1 Zoll Länge. Damit der Thon gut aus der Form herausgeht, muß man das Innere mit Del bestreichen, und die Form warm machen.

Nachdem diese Stücke völlig ausgetrocknet sind, bringt man sie in eine andere eiserne Form, die bloß einen Boden und zwei Seiten hat und $\frac{1}{10}$ Zoll breit ist. Man schabt die Thonstücke ab, bis sie in diese Form passen.

Um die Zusammenziehung zu messen, welche sie im Feuer erfahren, legt man sie in ein anderes Maß, welches aus einer kupfernen oder messingenen Platte besteht, auf welche zwei Lineale desselben Metalles und ganz gerade aufgelöthet sind. Sie haben 24 Zoll Länge und sind abgetheilt in Zolle und Behtelzolle. Diese Lineale bilden einen convergirenden Kanal von $\frac{1}{10}$ Zoll Breite an dem einen und $\frac{1}{10}$ Zoll Breite an dem andern Ende, so daß ein abgeschabtes Thonstück, welches in die eiserne Form paßt, gerade auch in das weitere Ende des Kanales paßt. Ein solches Thonstück soll nun im Feuer sich um $\frac{1}{2}$ seines Volumens zusammengezogen haben, so wird es sich bis zur Mitte des Kanales schieben lassen. Hat es sich um $\frac{1}{2}$ seines Volumens zusammengezogen, so wird es sich bis an's schmalste Ende des Kanales schieben lassen. Jeder zwischenliegende Grad der Zusam-

mengziehung verstattet, das Thonstück bis zu einer gewissen Stelle im Kanale zu schieben, und der Grad, bei welchem es die convergirenden Lineale berührt, gibt das Maß seiner Zusammengziehung und drückt folglich den Wärmegrad aus, welchem es im Feuer ausgesetzt gewesen ist.

Hat man diesen Thon im Sommer an der Sonne in einem mäßig geheizten Zimmer oder bei einer etwas höhern Temperatur über einem Feuer getrocknet, so wird man nie einen Unterschied im Grade seiner Trockenheit bemerken. Er verliert ungefähr, nachdem er so getrocknet ist, den hundertsten Theil seines Gewichtes in der Hitze des kochenden Wassers, ungefähr noch einmal so viel in der Hitze des schmelzenden Bleies, und von hier an bis zur Rothglühhitze noch zehn solcher Theile, im Ganzen also $\frac{100}{1000}$.

In jedem Falle wird es gut sein, diese Thonstücke, nachdem sie einmal trocken sind, in eine schwache Rothglühhitze zu bringen, damit sie einige Festigkeit oder Härte erlangen und nun, wenn es nöthig ist, das Einpacken und Transportiren vertragen, hauptsächlich aber, daß man sie mit einemmale, ohne daß sie Risse bekommen und zerpringen, was bei ungebranntem Thon häufig der Fall zu sein pflegt, einer sehr starken Hitze aussetzen kann. Man braucht indessen nicht eine besondere Sorgfalt auf den Grad dieser schwachen Rothglühhitze zu verwenden, sondern sieht nur darauf, daß er nicht die niedrigste Temperatur überschreite, die man einst mit ihnen zu messen gedenkt; denn ein Thonstück, welches einem noch geringeren Grade der Wärme ausgesetzt gewesen ist, kann eben so gut gebraucht werden, um höhere Wärmegrade zu messen, als ein Stück welches gar nicht in's Feuer gekommen ist.

Diesen Theil der Zubereitung anlangend mag es vielleicht zweckmäßig sein, auf einen Umstand aufmerksam zu machen, der zwar sonst nicht besonders wichtig ist, aber den Arbeiter zum ersten Male doch vielleicht in Verlegenheit setzen könnte.

Wenn die Hitze nicht bei allen Stücken völlig gleichmäßig ist, so wird er wahrscheinlich finden, daß zwar manche angefangen haben, sich zusammenzuziehen, andere dagegen sich auszubehnen, denn indem sie sich der Rothglühhitze nähern, pflegen sie sämmtlich ein wenig aufzuschwellen. Dieses pflegt sich in dem Augenblicke zu ereignen, wo sie die meiste Luft ausgeben, und man muß vielleicht ihre Ausdehnung der großen Elasticität zuschreiben, welche die Luft bei dieser Temperatur erlangt, und welche die Massentheilchen des Thones auseinanderreibt, ehe sie entweicht.

Jede Abtheilung der Skale, obgleich nur $\frac{1}{10}$ Zoll betragend, entspricht $\frac{1}{300}$ der Breite des kleinen Thonstückchens. Man könnte die Genauigkeit des Instrumentes noch erhöhen, wenn man die Abtheilung kleiner oder die Skale länger machte. Eine solche Verbesserung dürfte aber schwerlich nothwendig sein, und die Vortheile, welche sie gewähren möchte, den damit verbundenen Nachtheilen vollkommen das Gleichgewicht halten.

Wenn eine Skale von zwei Fuß Länge für unbequem gehalten werden sollte, so könnte man sie in zwei Theile, jeden von 1 Fuß Länge, theilen und auf derselben Platte drei messingene Lineale befestigen. Das erste und zweite Lineal müßten an dem einen Ende 1 Zoll und am andern $\frac{4}{10}$ Zoll von einander abstehen, dagegen das zweite und dritte $\frac{4}{10}$ Zoll an dem einen und $\frac{3}{10}$ Zoll an dem andern Ende, so daß die beiden ersten Lineale bis zum 120sten, das zweite und dritte aber bis zum 240sten Grade reichen.

Da dieses Thermometer gleich allen andern, nur den Wärmegrad anzeigen kann, den es erfahren hat, so muß der Versuchsansteller besonders darauf sehen, die Thonstücke einer gleichen Wirkung des Feuers mit dem zu prüfenden Körper

auszusetzen, wenn er mit ihnen die Wärme messen will; welcher der Körper ausgesetzt ist. In Defen, Reverberiröfen unter einer Muffel, wo die Hitze sehr stätig und gleichförmig ist, kann dieses so leicht bewerkstelligt werden, daß wir nichts darüber zu sagen brauchen; aber im freien Feuer, wo die Hitze nothwendig mehr schwankend und über verschiedenen Theilen des Brennmaterials ungleichmäÙig ist, da finden schon einige VorsichtsmaÙregeln nützliche Anwendung.

Man kann das Thonstück in der Regel mit der Substanz, welche der Gegenstand des Versuches ist, in den Schmelztiegel legen; ist hingegen letztere von solcher Art, daß sie schmilzt und das Thonstück einhüllt, so muß man ihm vorher eine schwache Hülle von Schmelztiegelthon geben. Da die Thonstücke so klein sind, so geht dieses sehr gut an, man müÙte denn mit ganz kleinen Schmelztiegeln arbeiten; auch kann man den Thonstücken jede Größe geben, die man sonst zweckmäÙig findet, sobald man nur eine seiner Dimensionen bei $\frac{1}{10}$ Zoll erhält.

Wendet man die kleinste Sorte der Schmelztiegel an, so kann man die Umhüllung des Thonstücks an den Schmelztiegel ankleben, so daß sie sein äußeres Volumen vermehrt. Sollte Jemand die Frage aufwerfen, warum man nicht immer das Thonstück auf diese Weise von außen am Schmelztiegel befestigt, so dient ihm zur Antwort, daß bei großen Schmelztiegeln diese Umhüllung des Thonstücks sich außerhalb des Schmelztiegels weit schneller erhitze, als der Inhalt des Tiegels. Bei kleinen Schmelztiegeln dagegen hat man dieses nicht zu befürchten, weil sowohl die Umhüllung des Thonstücks, als der Schmelztiegel ziemlich gleiches Volumen haben.

Diese thermometrischen Thonstücke besitzen einige sonderbare Eigenschaften, die man kaum bei irgend einer Substanz anzutreffen erwarten sollte, durch welche sie aber für ihren Zweck ganz besonders geschickt werden.

1) Wenn man sie in eine mäÙige Feuerwärme bringt, so erfahren sie keine Vermehrung des Volumens, obgleich sie gleich den andern Thonarten porös sind und Wasser absorbiren; und dieses ist selbst dann nicht der Fall, wenn sie mit Wasser gesättigt sind.

2) In sehr heftigem Feuer werden sie in Porzellan verwandelt, oder in eine halbglassartige Substanz. Demungeachtet ziehen sie sich in noch größeren Graden der Hitze, bis zu dem höchsten Grade, den man hervorbringen kann, so regelmäÙig wie vorher zusammen.

3) Sie vertragen die plöÙliche Abwechselung der Hitze und Kälte. Man kann sie aus der heftigsten Glut herausnehmen und plöÙlich in kaltes Wasser werfen, ohne daß ihnen dieses im Geringsten schadet.

4) Selbst wenn sie sich in ihrem porösen Zustande mit Wasser gesättigt haben, kann man sie sogleich in eine Weißglühhitze bringen, ohne daß sie zerspringen oder die geringste Beschädigung erfahren.

5) PlöÙliche Erkältung, welche sowohl das Volumen als das Gefüge der meisten Körper verändert, afficirt sie nicht im Geringsten, äußert wenigstens keinen Einfluß auf irgend eine der Eigenschaften, durch welche sie für thermometrische Zwecke geeignet werden.

Diese Thonstücke werden nicht sowohl durch den langen Aufenthalt im Feuer, sondern bloß durch den Grad der Hitze afficirt, welchem sie ausgesetzt sind. In 3 Minuten oder in noch kürzerer Zeit sind sie von der Wärme, welche auf sie wirkt, völlig durchdrungen, so daß sie die völlige Zusammenziehung erfahren haben, welche dieser Grad der Wärme hervorzubringen im Stande ist. Diese Zusammenziehung ist durchaus nicht beträchtlicher bei den Thonstücken, welche viele Stunden lang stufenweise bis zu demselben Grade erhitzt worden sind. Hohe Wärmegrade

theilen sich ihnen weit schneller mit, als niedrige, ohne Zweifel, weil in ersterem Falle ihr Gefüge weit geschlossener und dichter wird.

Die Skale beginnt bei der Rothglühige, wie sie am Tage völlig sichtbar ist. Die größte Hitze, die man bei Versuchen erlangt hat, sind 160° . Dieser Wärmegrad wurde hervorgebracht in einem Windofen von 8 Zoll in's Gevierte.

Hr. Uchorne hat im Tower viele Schmelzversuche mit reinen Metallen angestellt, um auszumitteln, bei welchem Grade des Thermometers dieselben flüssig werden. Das schwedische Kupfer schmolz bei 27° .

Silber bei 28° .

Gold bei 32° und

Messing bei 21° .

Demungeachtet steigern die Arbeiter in den Defen, wo Messing und Kupfer geschmolzen wird, die Glut bis auf 140° und darüber. Weßhalb sie eine solche Glut unterhalten oder zu welchem Zweck sie nöthig sei, ist noch nicht erklärt worden.

Die Schweißhize des Eisens fällt zwischen 90 und 95° , und der höchste Grad der Hitze, den man auf einem gewöhnlichen Schmiedeherd zu erzeugen vermag, reicht bis an 125° .

Gusseisen schmolz bei 130° sowohl im Schmelztiegel eines Privatofens, als in einer Eisengießerei, konnte aber nicht auf dem Schmiedeherde zum Schmelzen gebracht werden, obgleich die Hitze desselben nur 5° geringer ist. Bei 150° kommt das Eisen in den Fluß, der zum Gießen erforderlich ist.

Man hatte allgemein geglaubt, daß das Gusseisen bei einem weit geringern Grade der Hitze als das geschmiedete Eisen flüssig werde; ersteres verlangt aber 35 bis 40° mehr, als die Schweißhize des geschmiedeten Eisens beträgt.

Der Grad der Hitze, bei welchem das Kupfer schmilzt, wird von Manchen eine Weißglühige genannt, beträgt aber nur 27° dieses Thermometers. Die Schweißhize des Eisens beträgt 90° und ist noch immer eine Weißglühige. Selbst 130° , bei welchen das Gusseisen in Fluß geräth, sind noch eine Weißglühige. Selbst bis 160° und darüber hat man die Weißglühige; deshalb müßte dieser Ausdruck gänzlich abgeschafft werden.

Ein heftiger Schmelztiegel schmolz bei 150° in einer Eisengießerei in eine schlackenartige Substanz zusammen. Nägel von weichem Eisen schmolzen in einem heftigen Schmelztiegel bei 154° zu einer Masse mit dem Boden des Schmelztiegels zusammen. Der Theil des Schmelztiegels über dem Eisen war wenig beschädigt.

Man hat auch die Schmelzhize der Glasöfen untersucht, bei welchen die völlige Verglasung der Materialien erfolgt. In einem solchen Ofen betrug sie bei Flintglas 114° und bei Tafelglas 124° ; in einem andern betrug sie bei Flintglas nur 70° , woraus sich die Ungleichmäßigkeit der Hitze ergibt, deren sich die Arbeiter, vielleicht ohne es selbst zu wissen, für denselben Zweck bedienen. Nach der vollständigen Verglasung läßt man die Hitze bis auf 28° oder 29° herabkommen, und sie ist dann noch ausreichend, das Glas in Fluß zu erhalten.

Später wird die Glut wieder gesteigert, um das Glas zu verarbeiten. Bei Tafelglas betrug sie in diesem Falle 57° . Die Deifster Waare (eine Fayance-Art) wird bei 40° oder 41° ; das rahmfarbene Steingut (queen's-ware) bei 86° ; das eigentliche Steingut, was die Franzosen pots de grés nennen, bei 102° gebrannt. In dieser starken Glut erhält es ein porzellanartiges Gefüge. Die thermometrischen Thonstücke erhalten bei 110° ein porzellanartiges Gefüge.

Obige Hitzgrade sind auf die Weise ausgemittelt worden, daß man die ther-

mometrischen Thonstücke mit den Substanzen selbst in den betreffenden Defen erhitzte.

Dieser Thermometerapparat kann auch dazu dienen, den Wärmegrad zu messen, bei welchem verschiedene Substanzen fremder Nationen und in längst vergangenen Zeiten gebrannt worden sind; denn der gebrannte Thon und Zusammensetzungen, in welchen der Thon einen Hauptbestandtheil ausmacht, verändern nicht ihr Volumen, wenn sie wiederum in Grade der Wärme kommen, denen sie schon ausgesetzt gewesen sind, ziehen sich aber bei höhern Wärmegraden zusammen, wie man sich überzeugen kann, wenn man ein Bruchstück eines solchen Gefäßes oder dergleichen in die beschriebene Form der Thermometerstücke einpaßt und dann mit einem Thermometerstück so lange heizt, bis es sich zusammenzieht. Der Grad, bei welchem diese Zusammenziehung erfolgt, zeigt nun den Grad der Wärme an, bei welchem dieses Stück oder das ganze Gefäß gebrannt worden ist.

Man hat auf diese Weise mehre römische und etruskische Gefäße untersucht. Keines derselben scheint in größerer Hitze als zu 32° und auch keines derselben in geringerer Hitze als 20° gebrannt worden zu sein; denn ihre Bruchstücke zogen sich alle an diesen Gränzpunkten oder bei dazwischenliegenden Graden zusammen.

Ein Bruchstück eines etruskischen Gefäßes schmolz völlig bei 33° ; Bruchstücke einiger anderer Gefäße, wie auch römischer irdener Geschirre, bei 36° . Das Worcester-Porzellan verglaste bei 94° ; Sprimont's Chelsea-Porzellan bei 105° ; das Derby-Porzellan bei 112° , und das Bow-Porzellan bei 121° , während das Bristol-Porzellan keine Spur von Verglasung bei 135° gewahr werden ließ. Das gewöhnliche chinesische Porzellan konnte selbst in dem stärksten Feuer nicht vollständig verglast werden. Bei 120° begann es zu erweichen; bei 156° wurde es so weich, daß es zusammensank und sich fest an eine sehr unregelmäßige Oberfläche anheftete. Das echte Steingut von Nankin wird durch diese Hitze nicht im Geringsten erweicht, auch nicht in eine porzellanartige Masse verwandelt, vielmehr bleiben die unglasirten Theile desselben von solcher Beschaffenheit, daß sie Wasser einsaugen und an der Zunge ankleben. Das Dresdner Porzellan ist weit feuerbeständiger, als das gemeine chinesische Porzellan, kommt aber dem Steingut aus Nankin nicht gleich. Das rahmfarbene englische Steingut oder Fayance verträgt dieselbe Hitze als das Dresdner Porzellan, und seine Masse wird davon eben so wenig afficirt.

Hr. Pott hält es für ein Meisterstück der Kunst, eine Mischung von Kreide und Thon zu gleichen Theilen (wie aus seinen Tabellen zu erhellen scheint) zu schmelzen. Diese Mischung verglast vollständig bei 123° dieses Thermometers.

Hr. Fourney bemerkt im Journal des Mines, daß es allen denen, welche sich in einer Reihe von Jahren der Wedgwood'schen Pyrometer bedient haben, bekannt sei, daß die von Wedgwood später gefertigten Instrumente nicht die Genauigkeit besitzen, wie die von ihm früher gefertigten. Daraus gehe aber hervor, daß die natürlichen Mischungen der Thonerde nicht von unveränderlicher Beschaffenheit seien; denn alle Diejenigen, welche es versucht hätten, ähnliche pyrometrische Thonstücke zu fertigen, hätten mit denselben Resultate erhalten, die mit Wedgwood's Resultaten nicht nur nicht gestimmt haben, sondern auch die Instrumente, von einer und derselben Person gefertigt, hätten unter einander nicht gestimmt.

Dies ist indessen kein Grund, dieses Instrument aus unsern Laboratorien

zu verbannen; denn wenn es auch Mängel hat, so gewöhrt es doch immer einen Nutzen, den man nicht von der Hand weisen darf, so lange man es nicht durch ein besseres Instrument ersetzen kann. Die Mängel einer Sache anzeigen, ist indessen immer von Nutzen, denn das Nachdenken Anderer wird dadurch aufgefördert, Mittel zu erfinden, welche diesen Mängeln abhelfen.

Die Schwierigkeit, sich einen Thon zu verschaffen, welcher sich gleichmäßig in der Hitze zusammenzieht, ist längst als ein Mangel dieses Thermometers betrachtet worden, und man hat deshalb diese scharfsinnige Erfindung fast gänzlich vernachlässigt.

Neuerdings hat ein gewisser Sivright den Vorschlag gemacht, statt des Porzellanthonens aus Cornwallis kleine Stücke des chinesischen Bildsteines anzuwenden, den die Mineralogen Agalmatolith nennen, weil die Erfahrung gelehrt hat, daß dieser Stein nicht nur eine sehr hohe Temperatur auszuhalten vermag, sondern sich auch weit empfindlicher und gleichmäßiger zusammenzieht.

Wir theilen nun die Formel mit, welche dazu dient, die Grade von Wedgwood's Thermometer in Grade des hunderttheiligen Thermometers zu verwandeln. Da der Nullpunkt von Wedgwood's Thermometer anzunehmen ist = $580^{\circ} 56' \text{ C}$, und jeder Grad = $72^{\circ} 22' 22''$, so erhält man

$$\text{C}^{\circ} = 580^{\circ} 56' + (72^{\circ} 22' 22'') \text{ W}.$$

Wir bemerken indessen, daß diese Reduction nur durch Berechnung und nicht durch's Instrument selbst gefunden werden kann.

§. 3. Mills' Pyrometer.

(Hierzu Fig. 63.)

Fludd's erstes Thermometer war auf die Ausdehnung der Luft gegründet; später wendete man Weingeist und Quecksilber an, aber Mills' ist wieder zur Anwendung der Luft zurückgekehrt. Dr. Hook fand, daß die Sommerwärme die gewöhnliche Luft um den 30. Theil ausdehne, und Hr. Boyle, in seiner History of Cold, theilt Versuche mit, aus denen hervorgeht, daß die strengste Kälte in England die Luft nicht um den 20. Theil zusammenziehe. Da nun $\frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{1}{12}$ ist, so kann man daraus folgern, daß dasselbe

Volumen Luft, welches bei einer sehr kalten Temperatur 12 Theile einnimmt, 13 solcher Theile einnimmt in einem sehr warmen Sommer. Diese Ausdehnung ist eben so groß, als diejenige des Weingeistes, wenn er zu kochen beginnt. Aus diesem Grunde, und ferner auch, weil sie so empfindlich gegen Wärme und Kälte ist, auch ihre Elasticität behält, selbst nachdem sie lange eingeschlossen gewesen, ist die Luft vielleicht die geeignetste Flüssigkeit zur Verfertigung von Instrumenten, mit denen man die Grade der Wärme messen will.

Dr. Hales hat gefunden, daß in einer leeren Retorte, wenn man sie so lange über dem Feuer läßt, bis ihr Boden rothglühend geworden ist, die Luft sich um's doppelte, und wenn man die Retorte weißglühend werden läßt, um's dreifache Volumen ausdehnt.

Das Bedürfnis eines bequemern Instrumentes als Mortimer's und Wedgwood's Thermometer, um damit die höhern Wärmegrade zu messen, welche über die Temperatur des kochenden Quecksilbers hinausliegen, fühlen besonders die Lötzer, ferner diejenigen, welche sich mit dem Schmelzen der Erze beschäftigen, und manche andere Künstler.

Mills' Pyrometer, welches Fig. 63. abgebildet ist, gründet sich auf die

Ausdehnung der Luft durch die Wärme. Es besteht aus einer Röhre und Kugel von Platina, aus dem Ganzen gearbeitet.

Die Kugel a ist hohl und von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser.

Die Röhre b muß vollkommen cylindrisch sein und etwa $\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser im Lichten haben.

Diese Röhre ist luftdicht befestigt, oder besser gelöthet an eine gläserne Röhre c, die so gebogen ist, daß sie die Gestalt eines umgekehrten Hebers oder erhält. Das obere Ende der Röhre trägt eine Kugel d von gleicher Capacität mit der Kugel a. Ehe man diese Kugel schließt, gibt man ihr eine trichterförmige Oeffnung, um eine hinlängliche Quantität Quecksilber einbringen zu können. Alsdann schließt man diese Oeffnung mit dem Löthrohr.

Eine Skale e ist an dem langen Schenkel des umgekehrten Hebers angebracht.

Wenn die Platinkugel a in's Feuer gebracht wird, so dehnt sich die in derselben befindliche Luft durch die Wärme aus und drückt auf das Quecksilber in den Schenkeln des Instrumentes, wodurch dasselbe mehr oder weniger gegen die Kugel d, je nach dem größern oder geringern Wärmegrad, emporgetrieben wird.

Da die Platinkugel dadurch, daß sie öfters hohen Wärmegraden im freien Feuer ausgesetzt wird, nach und nach abgenutzt werden müßte, so gibt man ihr die Hülle g aus feuerbeständigem Thon, um sie gegen das Feuer zu schützen. Den ganzen leeren Raum der Hülle füllt man mit Kohlenpulver oder Sand aus.

Dieses Pyrometer gewährt die Bequemlichkeit, die Grade der Wärme während der ganzen Dauer einer Operation abzulesen zu können, und setzt in den Stand, mit größerer Sicherheit die Temperatur der Ofen reguliren zu können.

§. 4. Ueber ein Heber-Hydrometer, und dessen Anwendung zur Bestimmung der Temperatur des Wassers bei der größten Dichtigkeit. Von Heinr. Meikle.

(Hierzu Fig. 64 und 65.)

Dieses Hydrometer besteht aus einer an beiden Enden offenen, und in Form eines Doppel-Hebers gebogenen Glasröhre mit vier parallelen Schenkeln: die offenen Enden sind nach derselben Richtung, d. i. aufwärts gekehrt, wie die Fig. 64. zeigt.

Die Art der Anwendung dieses Hydrometers ist sehr einfach. Man verschließt das eine Ende des Hebers mit dem Finger, oder mit Kork, und gießt Wasser in das andere Ende. Das Wasser wird nur etwas in dem zweiten Schenkel aufsteigen, weil die Luft in dem andern eingeschlossen ist. Nun verschließt man das andere Ende, und öffnet jenes, welches zuerst verschlossen war. Man gießt in dieses die Flüssigkeit, deren specifische Schwere man untersuchen will, und öffnet die Röhre, in welche man vorher das Wasser gegossen hat. Wenn man nun das Instrument senkrecht hält, so werden die beiden Flüssigkeiten in demselben sich so stellen, wie es der Druck der eingeschlossenen Luft auf sie erlaubt. Nun wird aber dieser Druck durch die Differenz der Höhen der beiden Flüssigkeitssäulen multiplicirt mit ihrer specifischen Schwere ausgedrückt. Wenn man daher die Differenz dieser beiden Höhen durch die Differenz jener der andern Flüssigkeit theilt, so erhält man die specifische Schwere der andern, wenn die spec. Schwere des Wassers = 1 gesetzt wird.

Die Differenz der Schwere der Luftsäulen ist hier, als unbedeutend in der Anwendung, weggelassen.

Die Differenz zwischen den Flüssigkeits-Säulen, welche eigentlich die wirkliche Säule ist, kann durch Anwendung irgend eines Maßstabes, der in kleine gleiche Theile getheilt ist, bemessen werden; die Glasröhren können auch zu größerer Sicherheit auf ein in Grade getheiltes Brett aufgezogen, und es kann ein Vernier dabei angebracht werden u. Man muß etwas auf die Menge der Flüssigkeiten Acht geben; denn, je länger die Säulen, desto genauer ist das Resultat: übrigens bedarf es bei keiner der hier anzuwendenden Flüssigkeiten einer besonderen Genauigkeit. Die Expansion oder die Capillar-Attraction des Glases hat hier keinen Einfluß auf das Resultat. Auch kann die Ausdehnung des Maßstabes keinen Einfluß haben, indem das Verhältniß der Säulen dadurch nicht geändert wird. Nur wenn die Temperatur von der mittleren Temperatur von 40° Fahrenheit abweicht, muß man dieselbe entweder auf die letztere zurückführen, eine kleine oder Correction andringen, was aber auch bei jedem anderen Hydrometer in einem weit höhern Grade nothwendig ist. Bei diesem Instrumente kann sie meistens vernachlässigt werden.

An dem oben beschriebenen Instrumente habe ich, der größeren Einfachheit wegen, angenommen, daß die Achsen der vier Schenkel des Instrumentes in einer und derselben Ebene liegen. Sie können aber auch und in einigen Fällen vielleicht mit Vortheil, anders gestellt sein. Derjenige Theil, z. B., der die eine Flüssigkeit enthält, kann auf einer Seite des Maßstabes, der andere auf der anderen Seite desselben angebracht sein. Diese Form hatte ich zuerst gewählt. Die Flüssigkeiten vermengen sich hier nicht so leicht. Da die Flüssigkeiten bei dem Ausgießen derselben aus dem Instrumente sich vermengen könnten, so läßt sich diesem Nachtheile dadurch abhelfen, daß ein kleiner Theil der oberen Doppel-Enden der Röhren etwas gekrümmt wird, so daß er über alle Röhren emporsragt, wenn man sie horizontal legt.

Mitteltst eines solchen Instrumentes, dessen Schenkel recht weit von einander abstehen, so daß man jedes Paar derselben in ein besonderes Bad bringen kann, wie in Fig. 65., kann man auch die große Frage, bei welcher Temperatur das Wasser die größte Dichtigkeit besitzt, mit größerer Genauigkeit, als auf irgend eine andere mir bisher bekannte Methode bestimmen. Die Methode der Hrn. Dulong und Petit zur Bestimmung der Ausdehnung des Quecksilbers könnte wohl ohne Zweifel zur Auflösung dieser Frage dienen; es scheint mir aber, daß sich der Doppel-Heber leichter handhaben läßt. Wenn man in beide Röhren Wasser gießt, so findet man, bei welcher Temperatur die wirkliche Säule immer die kleinste ist; oder, wenn man zwei Temperaturen findet, bei welchen die Säulen gleich sind, so ist das Mittel zwischen diesen beiden gewiß der gesuchten Zahl sehr nahe. Man könnte dieselbe aber auch durch Interpolation zwischen mehren ungleichen Beobachtungen auf beiden Seiten des Maximums finden.

Wenn man Maßstäbe haben kann, die weder durch Nässe, noch durch einen geringen Wechsel der Temperatur leiden, so kann man sich derselben in den Bädern bedienen, und das Verfahren wird desto einfacher. Es gibt, wie ich glaube, mehre Hölzer, die bei einem Wechsel in der Temperatur zwischen 32° und 50° keine Aenderung in ihrer Länge erleiden, und folglich außer den Bädern mit Sicherheit gebraucht werden können. Es ließe sich leicht eine Vorrichtung anbringen, die, außen angebracht, beide Säulen messen könnte, ehe die Temperatur sich geändert hat: allein obige ist genau genug.

Die Ausdehnung der Säulen wird noch merklicher werden, wenn man die Röhren verlängert; man muß aber dann Sorge tragen, daß das Bad in seiner ganzen Tiefe gleiche Temperatur hat. Wenn man eine ziemlich weite, an beiden Enden offene Röhre aufrecht in das Bad stellt, und einen festen Stempel in derselben anbringt, so kann die Temperatur leicht von oben bis unten gleichförmig werden, und vielleicht ist die Bewegung des Stempels allein hinreichend.

Die von Hrn. Oswald Sym (in den *Annals of Philosophy*, IX. Bd. S. 387.) vorgeschlagene Methode, beruht, obschon Dr. Thomson (in seinem *System of Chemistry*, 6th Edit., Bd. I. S. 43.), sie beifällig aufführt, auf einer Täuschung. Sie kann höchstens die Temperatur angeben, die mit der scheinbar größten Dichtigkeit des Wassers im Glase correspondirt; gerade als ob, wenn Wasser in der Flasche ist, man die Höhe desselben oben am Halse messen wollte.

§. 5. Ueber die Verfertigung übereinstimmender Aräometer mit Beauméscher Gradleiter, von A. Schöber und J. P. Pecher, Oberfeuerwerker der k. k. öst. Artillerie in Wien.

Die Aräometer mit Beaumé's Grad-Eintheilung gründen sich auf zwei feste Punkte; der eine wird durch das Eintauchen des Instrumentes in reines Wasser, der andere in einer Kochsalzlauge aus 9 Theilen Wasser und 1 Theil Kochsalz, bestimmt. Der Abstand beider Punkte wird in 10 gleiche Theile (Grade) getheilt, und der Wasserpunkt bei Aräometern für dichtere Flüssigkeiten als Wasser, mit 0, bei jenen hingegen, welche für minder dichtere Flüssigkeiten gehören, mit 10 bezeichnet. Vom Wasserpunkte aus werden endlich jetzt gewöhnlich bei beiden Instrumenten so viel solche Grade an der Skalen-Röhre auf- und abwärts getragen, als es die zweckmäßige Länge derselben erlaubt.

Es ist gewiß, daß die nach diesem Verfahren verfertigten Aräometer vollkommen übereinstimmen würden, wenn die Kochsalzlauge immer dasselbe spec. Gewicht hätte, und zugleich die Skalen-Röhre streng cylindrisch wäre. Da jedoch dieses nicht der Fall ist, so müssen sie in ihren Angaben unter einander abweichen. Diese Abweichungen werden der Erfahrung zu Folge so groß, daß man sie bisher zur genauen Bestimmung des spec. Gewichtes verschiedener flüssiger Körper gar nicht anwenden konnte.

Um nun die Aräometer mit Beaumé's Gradleiter so zu verfertigen, daß sie vollkommen übereinstimmen, und daher auch brauchbar werden, im erforderlichen Falle mittelst derselben das spec. Gewicht einer Flüssigkeit verläßlich angeben zu können, wendet man bei ihrer Verfertigung die von Brisson vorgeschlagene Methode an. Der Gedanke, diese Methode bei Verfertigung dieser Aräometer anzuwenden, ist zwar nicht neu, jedoch von der wirklichen Ausführung derselben bis jetzt nichts bekannt.

Es sei das ursprüngliche Gewicht des Instrumentes = A Grane. Sinkt es in eine Flüssigkeit, deren Dichte = φ ist, mit dem Volumen = V ein: so muß es, um im Wasser von der Dichte = 1, mit demselben Volumen V einzusinken, um x Grane leichter oder schwerer gemacht werden, je nachdem φ größer oder kleiner, als das spec. Gewicht des Wassers, d. h. $\varphi < 1$ ist. Taucht nun das Instrument in beide Flüssigkeiten gleichviel ein, so sind die absoluten Gewichte A , und $A + x$ derselben gleich dem Gewichte des untersuchten Flüssigen und des Wassers bei einerlei Rauminhalt V : es verhalten sich daher die ab-

sokuten wie die spec. Gewichte, d. i. $A : (A + x) = \varphi : 1$. Hieraus folgt

$$x = A \left(\frac{1}{\varphi} - 1 \right).$$

Nach Brisson soll das Aräometer, dessen absolutes Gewicht A Grane man genau bestimmt hat, bei einer festgesetzten Temperatur zuerst in destillirtes Wasser eingesenkt, und der Punkt des Einsinkens angemerkt werden. Hierauf soll man das ursprüngliche Gewicht A des Instrumentes für verschiedene Dichten, φ , anderer Flüssigkeiten nach der Formel $x = A \left(\frac{1}{\varphi} - 1 \right)$ vermehren oder vermindern, je nachdem x positiv oder negativ wird, und jene Punkte, bis wohin das Instrument nun im Wasser eintaucht, mit der Zahl φ genau bezeichnen. Ist dieses geschehen, so wird das anfängliche Gewicht des Instrumentes wieder hergestellt, und dasselbe sodann zum praktischen Gebrauche verwendet.

Um diese Theorie auf Aräometer mit Beaumé's Eintheilung anzuwenden, sei das spec. Gewicht der Kochsalzlauge $= p$; jenes eines Flüssigen, in welchem das Aräometer n Grade unter oder über dem Wasserpunkte zeigt, $= \varphi$; ferner der Kubikinhalte, mit welchem das Instrument im Wasser einsinkt $= K$, und in der Kochsalzlauge $= K - k$; so ist der Kubikinhalte, mit welchem das Instrument um n Grade in eine Flüssigkeit unter oder über dem Wasserpunkte eintaucht $= K + \frac{n}{10} k$; unter der Voraussetzung, daß bei einem und demselben Instrumente zwischen je zwei und zwei Theilstrichen gleiche Kubikräume enthalten sind, und n für dichtere Flüssigkeiten als Wasser negativ, für minder dichtere positiv genommen wird. Es folgt daher

$$K : (K - k) = p : 1.$$

$$K : \left(K + \frac{n}{10} k \right) = \varphi : 1. \text{ Daraus findet man}$$

$$\varphi = \frac{10p}{10p + n(p - 1)},$$

wird nun in der Formel $x = A \left(\frac{1}{\varphi} - 1 \right)$ statt φ , der hier gefundene Ausdruck substituirte; so gibt dies

$$x = A \cdot \frac{n(p - 1)}{10p} \text{ --- --- ---}$$

Zur Bestimmung von p wurden dreierlei Salze; nämlich fein gepulvertes krystallisirtes Steinsalz; ferner ein Salz aus reinem kohlen-sauren Natron und reiner Salzsäure frisch bereitet, und endlich hier in Wien käufliches Kochsalz, durch eine Stunde im Wasserbade getrocknet; hierauf von jeder Gattung 2 Loth in 18 Loth reinem Wasser aufgelöst, und bei einer Temperatur von $+ 14^\circ \text{R}$. das spec. Gewicht dieser 3 Laugen genau bestimmt. Das arithmetische Mittel aus den erhaltenen drei Resultaten war $= 1,074$ *).

Setzt man in der Gleichung (X) $p = 1,074$; so erhält man

$$x = A \cdot \frac{0,074}{10,74} \cdot n = A \cdot 0,00689013 \cdot n.$$

*) Das spec. Gewicht der Steinsalzauslösung war nämlich $= 1,07303$, das der Auflösung des künstlichen Kochsalzes $= 1,07518$, und das der Auflösung des käuflichen Kochsalzes $= 1,07372$.

Aus dieser Formel ergibt sich, daß man aus der Gewichtsveränderung für 1 Grad nach Beaumé, jene für ein beliebiges n durch eine einfache Multiplication finden kann; denn man braucht nur den Decimalbruch 0,00689013 mit A zu multipliciren, so hat man die Gewichtsänderung für 1 Grad: multiplicirt man dieses Produkt noch mit n , so hat man jene für n Grade. Auf diese Art wird das Aräometer mit Beaumé's Eintheilung von Grad zu Grad sehr leicht verfertigt.


Will man mit einem solchen Aräometer, bei dessen Verfertigung nach dieser einfachen Berechnung die Gewichtsänderung für die einzelnen Grade bestimmt wurde, das spec. Gewicht irgend eines Flüssigen durch Hilfe einer Tafel genau angeben; so wird man dieses nur dann im Stande sein, wenn bei derselben für eine jede Zahl der Grade das spec. Gewicht nach der hier zum Grunde gelegten

Formel $\varphi = \frac{10p}{10p + n(p - 1)}$ berechnet ist. Bei den schon vorhandenen Tafeln findet dieses nicht statt; es wurde daher die hier folgende neu berechnet.

T a f e l

der spec. Gewichte für jeden Grad der Beaumé'schen Skale.

Für dichtere Flüssigkeiten als Wasser.					Für minder dichtere Flüssigkeiten als Wasser.				
Grad.	spec. Gew.	Grad.	spec. Gew.	Grad.	spec. Gew.	Grad.	spec. Gew.	Grad.	spec. Gew.
0	1,0000	26	1,2182	52	1,5583	10	1,0000	36	0,8480
1	1,0069	27	1,2285	53	1,5752	11	0,0031	37	0,8431
2	1,0139	28	1,2390	54	1,5925	12	0,0864	38	0,8382
3	1,0211	29	1,2497	55	1,6101	13	0,9797	39	0,8334
4	1,0283	30	2,2605	56	1,6282	14	0,9731	40	0,8287
5	1,0356	31	1,2716	57	1,6467	15	0,9666	41	0,8239
6	1,0431	32	1,2828	58	1,6656	16	0,9603	42	0,8193
7	1,0506	33	1,2943	59	1,6849	17	0,9539	43	0,8147
8	1,0583	34	1,3059	60	1,7047	18	0,9477	44	0,8102
9	1,0661	35	1,3177	61	1,7250	19	0,9416	45	0,8057
10	1,0740	36	1,3298	62	1,7457	20	0,9355	46	0,8013
11	1,0820	37	1,3421	63	1,7669	21	0,9295	47	0,7969
12	1,0901	38	1,3546	64	1,7888	22	0,9236	48	0,7925
13	1,0983	39	1,3674	65	1,8111	23	0,9177	49	0,7882
14	1,1067	40	1,3804	66	1,8340	24	0,9120	50	0,7839
15	1,1152	41	1,3937	67	1,8574	25	0,9063	51	0,7797
16	1,1239	42	1,4072	68	1,8815	26	0,9007	52	0,7756
17	1,1326	43	1,4210	69	1,9062	27	0,8951	53	0,7714
18	1,1415	44	1,4350	70	1,9316	28	0,8896	54	0,7674
19	1,1506	45	1,4493	71	1,9577	29	0,8842	55	0,7633
20	1,1598	46	1,4640	72	1,9844	30	0,8788	56	0,7593
21	1,1691	47	1,4789	73	2,0119	31	0,8735	57	0,7554
22	1,1786	48	1,4941	74	2,0402	32	0,8683	58	0,7515
23	1,1883	49	1,5097	75	2,0693	33	0,8632	59	0,7476
24	2,1981	50	1,5255	76	2,0992	34	0,8580	60	0,7438
25	1,2080	51	1,5417	77	2,1301	35	0,8530	61	0,7399

Sowohl Beaumé'sche Aräometer, die sich auf diese Tafel beziehen, als auch allgemeine Aräometer und Procentenmesser für Alkohol, Ammoniak, Salpetersäure, Salzsäure Schwefelsäure und raffinirten Zucker in der von Richter gewählten Cylinders — oder in der hier vorgezeichneten Form  werden

alle nach Brisson's Methode von oben genannten Individuen verfertigt, und sind beim bürgerlichen Drechslermeister, Herrn Christoph Dreher, in der Stadt Wien, Schullerstraße Nr. 863., um folgende Preise (im 20 fl. Fuß) zu haben:

	fl.	kr.
Allgemeine Aräometer für leichte Flüssigkeiten mit den spec. Gewichten (Weißner'sche Skale) allein	5	—
— mit den spec. Gewichten (M. Sc.) und Beaumeschen Graden	8 u. 3	—
— mit den Beaum. Graden allein	1	12
— für schwere Flüssigkeit mit den spec. Gewichten (M. St.) allein	5	—
— den spec. Gewichten (M. St.) und Beaum. Graden	8 u. 3	—
— mit den Beaum. Graden allein	1	12
— mit den Beaum. Graden von 0 bis 30° Laugenwagen	—	40
Alkohol-Messer (Geistwagen) für Procente dem Gewichte u. Kubikinhalte nach (M. St.)	8 u. 1	36
— Gewichts-Procente und Beaum. Grade	8 u. 1	36
— Kubikinhalt-Procente und Beaum. Grade	8 u. 1	36
— Maß in einem Eimer und Beaum. Grade	8 u. 1	36
— Kubikmaß-Procente und spec. Gewichte	8 u. 1	36
Ammoniak-Messer für Gewichts-Procente (M. St.) allein	5 u. 2	—
— Gewichts-Proc. (M. St.) und Beaum. Grade	8 u. 3	—
Salpetersäure-Messer, Gew. Proc. der unvollkommenen u. vollkommenen Säure (M. St.)	8 u. 3	—
— Gew.-Proc. der vollkommenen Säure Beaum. Grade	8 u. 3	—
— Gew.-Proc. der unvollkommenen Säure und Beaum. Grade	8 u. 3	—
Salzsäure-Messer, Gew.-Proc. (M. St.) allein	5 u. 2	—
— Gewichts-Proc. (M. St.) und Beaum. Grade	8 u. 3	—
Schwefelsäure-Messer, Gew.-Proc. der Säure aus Schwefel und Eisenvitriol (M. St.)	8 u. 3	—
— Gewichts-Proc. der Säure aus Schwefel u. Beaum. Grade	8 u. 3	—
— Gewichts-Proc. der Säure aus Eisenvitriol und Beaum. Grade	8 u. 3	—
Glaserne Hülsen zu den Richter'schen (Weißn.) Aräometern	—	40

Die Aräometer im Preise zu 5 bis 8 fl. sind cylindrischförmig (Weißner'sche), jene zu 40 kr. bis zu 3 fl. aber spindelförmig, oder auch Cylinder von 4 bis 6" im Durchmesser, und 9 bis 11" Länge. Um die Aräometer mit der Beaum. Gradleiter zur vollen Uebereinstimmung bringen zu können, haben obige Individuen ein bei + 40° Temperatur durch Versuche ausgemitteltes spec. Gewicht von 1,074 einer aus 9 Theilen Wasser, und 1 Theil Kochsalz bestehenden Lauge, und die Annahme zum Grunde gelegt, daß bei einem und demselben Aräometer jeder Grad demselben Kubikinhalt entspricht; und verfertigen sie dann nach derselben gründlichen Methode (nach Brisson's Vorschlag) wie jene mit den spec. Gewichten. Nebst jenen auf + 14° R. Temper. beziehenden Aräometern befinden sich unter obigen auch solche Alkoholmesser, welche sich auf die nach Versuchen des Hrn. Professor Tralles entworfenen Tabellen bei + 12,5° R. Temper. gründen.

Auch sind auf Bestellung spindelförmige Aräometer zu haben, welche 0,001 vom spec. Gewichte, oder auch $\frac{1}{15}$ Grad. Beaum. anzeigen. Dabei darf aber der Unterschied des größten und kleinsten spec. Gewichtes am Instrumente höchstens nur 0,15 betragen.

§. 6. Reductionsformel für das Quecksilber-Thermometer bei hohen Wärmegraden. Von August.

Ein Hauptvorzug des Quecksilber-Thermometers von den meisten übrigen besteht bekanntlich darin, daß die Anzeigen desselben innerhalb der Temperaturen von 25° bis $+100^{\circ}$ C. der wirklichen Wärmezunahme so genau proportional sind, daß bis jetzt die sorgfältigsten Versuche darüber auf keine Verschiedenheit geführt haben. Je mehr sich aber das Quecksilber auf der einen Seite dem Gefrieren, auf der andern Seite dem Sieden nähert, desto mehr weichen die Anzeigen desselben von denen eines Luftthermometers ab, dem man mit Recht die vollkommenste Uebereinstimmung mit der Wärmeänderung zuschreibt. Es war daher wünschenswerth, ein einfaches Mittel zu finden, die Anzeigen des Quecksilber-Thermometers, wenn sie außer den Grenzen jener Correspondenz mit dem Luftthermometer liegen, auf die Uebereinstimmung mit diesem zu reduciren. August hat eine solche einfache Reductionsmethode aus Betrachtung der Resultate, welche Dulong und Petit über diesen Gegenstand erhalten haben, (Gehler's Wört. I. 599) abgeleitet; sie ist in folgender Regel enthalten, worin wir mit τ die Anzahl Temperaturgrade bezeichnen wollen, welche über 100° C. hinausliegen (d. i. den positiven Unterschied der beobachtenden Temperatur von 100° C.).

Um die über 100° fallenden Anzeigen des Centesimal-Quecksilberthermometers auf die wahre Temperatur zu reduciren, so multiplicire die Summe $0,09 + 0,00028\tau$ mit $\frac{1}{2}\tau$ und ziehe dies Produkt von den beobachtenden Temperaturgraden ab.

Diese Regel kann wenigstens bis 300° C. als zuverlässig gelten, und es scheint ihre Gültigkeit bis nahe an den Siedepunkt des Quecksilbers zu reichen.

Folgendes ist die Tabelle der von Dulong und Petit gemachten Beobachtungen über Vergleichung des Luft- und Quecksilber-Thermometers, aus denen diese Regel abgeleitet worden ist und die man umgekehrt als Bewährung derselben ansehen kann. Die Correction wegen Ausdehnung des Glases ist dabei schon berücksichtigt.

A. Quecksilberthermometer.	B. Luftthermometer.	Unterschied beider A — B.	Differenz der Unterschiede.	Zweite Differenz derselben.
100	100	0		
150	148,70	1,30	1,30	
200	197,05	2,95	1,65	0,35
250	245,05	4,95	2,00	0,35
300	292,70	7,30	2,35	0,35
360	350,00	10,00		

Nimmt man die ersten fünf Beobachtungen und die damit bereits vorgenommenen Reductionen in Beziehung auf die Ausdehnung des Glases als vollkommen richtig an, so ist die Herleitung der Formel für das Geseß, dem die Unterschiede beider, welche die dritte Spalte der Tabelle angibt, zu folgen scheinen, nicht schwer zu entdecken. Man bemerke nur, daß die in der fünften Spalte aufgeführten zweiten Differenzen dieser Unterschiede vollkommen gleich sind; daß also die Zahlen der dritten Spalte, d. h. diese Unterschiede selbst, eine arithme-

tische Reihe zweiter Ordnung bilden. Nimmt man dasselbe Gesetz auch für die dazwischenliegenden Temperaturen an, so findet man durch Einschaltung von je 49 Gliedern einer arithmetischen Reihe zweiter Ordnung zwischen zwei Zahlen dieser Spalte diejenigen Unterschiede, welche sich auf die einzelnen Grade beziehen. Die Interpolation selbst führt auf folgende Formel:

$$\delta = \frac{1}{4} (0,09 \tau + 0,00028 \tau^2),$$

wenn τ die Anzahl über 100° nach dem Centesimal-Quecksilberthermometer, und δ den Unterschied der Quecksilberggrade von den wirklichen Wärmegraden anzeigt.

Hieraus ergibt sich dann die obige Regel.

Aus dem Gesetze, daß die in der letzten Spalte angeführten zweiten Differenzen der Unterschiede von A und B vollkommen gleich sind, mithin diese Unterschiede selbst eine arithmetische Reihe zweiter Ordnung bilden, tritt, wie die Tabelle lehrt, bloß die unterste Beobachtung (360 und 350) respectiv unter A und B heraus. Indesß vermuthet *Muncke*, durch einen Schreibfehler sei hier statt 350 und 340 in der Abhandlung der französischen Physiker 360 und 350 gesetzt worden, und selbst, wenn man diese Annahme nicht macht, würde die Berechnung nach der obigen Formel für 360° (unter A) statt 350 349,418 (unter B) finden lassen, so daß die Differenz nicht groß ist, und bei Beobachtung in so hoher Temperatur um den Siedepunkt des Quecksilbers leicht einem Irrthum des Versuches beigemessen werden kann.

§. 7. Vergleichung einer frühern Thermometerskala mit den jetzigen.

Eine neulich in Florenz wiederaufgefundene Kiste, in welcher sich neben andern alten Instrumenten eine große Menge in 50° getheilte Thermometer der *Academia del Cimento* befanden, haben das Mittel gegeben, die Grade ihrer Skale mit denen der jetzigen Thermometer zu vergleichen, was nicht ohne Wichtigkeit ist, da hierdurch viele thermometrische Beobachtungen, welche von jener Academie angestellt wurden, auch jetzt noch brauchbar werden. *Libri* fand durch diese Vergleichung, daß der Nullpunkt jener alten Thermometer -15° R. und 50° der alten Thermometer $+44^\circ$ R. entspricht.

In schmelzendem Eisen zeigte das alte Thermometer $13\frac{1}{2}$ weniger einer zu vernachlässigenden Quantität; und da die Academiker ebenfalls angegeben haben, daß ihr Thermometer in zerstoßenem Eisen auf $13\frac{1}{2}$ sank, so folgt hieraus, daß der Nullpunkt jener alten Thermometer nicht gestiegen ist, wie dies im Allgemeinen bei den neuern Thermometern der Fall ist.

Schon im zweiten Bande der *Ann. du Mus. de Florence* findet sich eine Tafel zur Vergleichung der thermometrischen Beobachtungen der *Academia del Cimento* mit den neuen; allein fälschlich ist darin angenommen, daß der Nullpunkt ihres Thermometers -9° R. entspreche, während er doch -15° R. entspricht.

§. 8. Ueber richtige Construction von Weingeistthermometern.

Aus den Resultaten *Muncke's* über die Ausdehnung des absoluten Alkohols *) durch die Wärme ergeben sich für die Construction von Weingeistthermometern folgende Bestimmungen.

Wenn das Volumen des Alkohols bei 0° C. = 1 gesetzt wird, so ist es mit

*) Bloß solcher ist zu Weingeistthermometern tauglich, da wässriger Weingeist eine ganz unregelmäßige Ausdehnung hat.

Weglassung der höhern Decimalstellen bei $1^\circ = 1,00099$, welches von 1,001 um eine unmeßbare Größe abweicht; bei 2° ist dasselbe $= 1,00199$ und es wächst also hier genau um 0,001 und eben so bei 3° , indem es hier $= 1,00299$ ist. Setzt man also ohne Rücksicht auf die verschwindenden Differenzen der höhern Decimalstellen $0,00099 = 0,001$; $0,00199 = 0,002$ und $0,00299 = 0,003$, so wächst das Volumen für 1° C. um 0,001 der Einheit, und dieses geht in Beziehung auf nicht mehr als drei Decimalstellen regelmäßig fort bis 24° , wo das Volumen um 0,025 vermehrt ist. Wird dieser Unterschied bei einem empirisch graduirten Thermometer *) auf alle durchlaufenen Grade vertheilt, so beträgt er für jeden einzelnen Grad $\frac{1}{24}$ stel oder ungefähr 0,05 eines Grades, eine auf gewöhnliche Weise nicht wahrnehmbare Größe. Hieraus ergibt sich also, daß ein solches Weingeistthermometer bis mindestens 25° C. mit einem Quecksilberthermometer völlig zu harmonisiren scheinen kann.

Wäre ein Weingeistthermometer bis zu 70° C. nach der Voraussetzung einer von 0° an gleichförmig erfolgenden Ausdehnung graduirt, und würde hierbei für 1° C. die bei niederen Graden merklich genauere Ausdehnung $= 0,001$ des bei 0° stattfindenden Volumens zu Grunde gelegt, so würde das Weingeistthermometer $54^\circ,4$ zeigen, während das Quecksilberthermometer bloß 50° zeigte, und $79^\circ,3$ zeigen, während das Quecksilberthermometer bloß 70° zeigte. Ein für niedere Grade über 0° richtig graduirtes Weingeistthermometer muß daher weiter hinauf viel zu hohe Anzeigen geben.

Für die Grade unter dem Gefrierpunkte des Wassers muß eine ähnliche Abweichung stattfinden, und hier ist sie ungleich wichtiger, weil die Weingeistthermometer ganz eigentlich zur Bestimmung hoher Kältegrade benutzt werden. Wird also für -1° C. die Volumensveränderung $= 0,001$ angenommen, so muß das Volumen, dieses bei 0° C. $= 1$ gesetzt, $= 1 - 0,001 = 0,9990$ werden, welches merklich genau mit dem Werthe der Tabelle für Weingeist übereinstimmt, doch ist die Verminderung etwas geringer, indem das Volumen nach der Tabelle 0,9990134086 ist. Wird dieser Unterschied vernachlässigt, also unter der Voraussetzung, daß die Theilung der Skale nach den Graden nahe über dem Gefrierpunkte des Wassers gemacht wäre, wo sie sehr genau 0,001 des Volumens für 1° C. betragen würde, so müßte unter Voraussetzung einer gleichmäßigen Zusammenziehung des Alkohols dies Volumen bei -50° C. genau $1 - 0,05$, also 0,95 betragen. Statt dessen aber gibt die Tabelle, mit Weglassung der höhern Decimalstellen, 0,965 und da die Grade der Skale der Volumensverminderung parallel gehen, so folgt, daß die Temperatur $51^\circ,5$ C. betragen muß, wenn das Weingeistthermometer 50° zeigt. Wäre aber ein solches Weingeistthermometer auf die Weise graduirt, daß man den Stand des Weingeistes bei 0° C. und bei $+50^\circ$ C. (des Quecksilberthermometers) beobachtete und die hiernach bestimmte Länge der Skale für 50° auf den unter 0° C. liegenden Theil derselben aufgetragen hätte, wie es gewöhnlich bei empirischer Graduirung derselben geschieht, so kämen zu jenem $1^\circ,5$ noch $5^\circ,4$ und die wahre Temperatur würde also $-56^\circ,9$ C. sein, wenn die Skale -50° zeigte.

Hieraus ergibt sich von selbst, daß Weingeistthermometer, welche auf die

*) Die empirische Graduirung geschieht bekanntlich so, daß der Verfertiger auf der Skale des Weingeistthermometers durch Vergleichung mit einem sorgfältig geprüften Normalquecksilberthermometer das Intervall zwischen etwa 0° und 40 oder 50° C. bezeichnet und durch Unterabtheilung dieses Intervalles in gleiche Theile die Grade des Instrumentes bestimmt.

gewöhnliche empirische Welfe graduirt find, weder in den höhern noch in den niedern Graden richtig sein können.

Es gibt allerdings Mittel zu einer richtigen Theilung der Skalen für Weingeistthermometer, deren praktische Ausführbarkeit aber großen Schwierigkeiten unterliegt. So könnte man die Zehntel und allenfalls, Hundertstel der Skalentheile auf einem Maßstabe mittelst der Transversallinien oder eines Nonius auftragen, und nach der Tabelle die Grade mit Rücksicht auf die stets wachsenden Incremente des Volumens bestimmen. Ungleich schwieriger würde es sein, die der Gleichung für die Ausdehnung des Weingeistes zugehörige Curve für ein zu theilendes Thermometer zu zeichnen und hiernach die Theilung aufzutragen. Es bleibt daher am einfachsten und leichtesten, die genau calibrirten Weingeistthermometer auf folgende Weise empirisch zu theilen. Man bestimme genau den Nullpunkt des zu graduirenden Thermometers und dann den Stand des Weingeistes nach einem geprüften Quecksilber-Normalthermometer von 20 zu 20 Graden, oder größerer Genauigkeit halber von 10 zu 10 Graden, und theile die Zwischenräume in gleiche Theile, so wird die Abweichung der Skale von einer absolut richtigen unmerklich sein. Da aber dies Verfahren für die Grade unter dem Gefrierpunkte des Wassers nicht wohl anwendbar ist, so würde es am gerathensten sein, den Stand des Weingeistes bei -20° C. genau zu bestimmen, die zwischen diesem und dem Gefrierpunkte des Wassers befindliche Länge bis -40° C. und dann bis -60° aufzutragen und in gleiche Theile zu theilen, denn in diesem Falle würde die Abweichung von der absolut richtigen Skale beim Gefrierpunkte des Weingeistes nicht mehr als etwa 1° C. betragen.

Ist der Künstler im Besiz einer genauen und hinlänglich feinen Theilmaschine, so läßt sich die Skale mit aller erforderlichen Schärfe auf folgende Weise auftragen. Es sei der Stand des Weingeistes bei 0° und bei 10° C. vollkommen genau bestimmt. Gibt die Maschine, welche mit einer Mikrometerschraube versehen sein möge, für diese Länge der Skale m Umdrehungen, so gehören zu

1 Grade $\frac{m}{10}$ Umdrehungen. Es zeigt aber der Anblick der Tabelle, daß der

zehnte Grad um 0,16 der einfachen Volumensvermehrung durch Summirung der Incremente jedes einzelnen der 10 Theile zugenommen hat, wenn die höhern Decimalstellen für die einzelnen Grade vernachlässigt werden. Hiernach geben

$\frac{m}{10} (1 - 0,016) = 0,984 \frac{m}{10} = n$ Umdrehungen die gesuchte Einheit, womit sich die Theilung für Grade über und unter dem Gefrierpunkte auf folgende Art bewerkstelligen läßt:

Für Grade über 0° C.
 1° 2° 3° 4° 5° 6° 7° 8° 9° 10°
 n (0,99; 2; 3; 4; 5,01; 6,03; 7,06; 8,09; 9,12; 10,15.)....

Für Grade unter 0° C.
 — 1° — 2° — 3° — 4° — 5° — 6°

n (1—0,01; 2—0,03; 3—0,05; 4—0,09; 5—0,13; 6—0,18)....

und auf gleiche Weise nach der Anleitung der berechneten Tabelle, welche auch namentlich für verneinte Grade leicht noch weiter fortgesetzt werden könnte, wenn man es für diesen Zweck nöthig fände. Es versteht sich von selbst, daß man hierbei allezeit vom Anfangspunkte an rechnen muß, so daß also für 10 Grade über 0 im Ganzen 10,16 n, und für 6 Grade unter 0 überhaupt n (6—0,18) Umdrehungen gemacht sind. Die Ausdehnung und Zusammenziehung des Glases macht hierbei keine Schwierigkeiten; denn da dieselbe entweder überhaupt

oder mindestens innerhalb der hierbei erforderlichen Grenzen merklich gleichmäßig ist, so wird hiernach die Säule des Weingeistes im Rohre des Thermometers bis zu den gemessenen 10 Graden um eben so viel kürzer, als die nächstfolgende von 10° bis zu 20° C. und so fort, so daß also diese Correction schon in der ursprünglichen Messung enthalten ist. Noch vollständiger aber läßt sich diese Correction dadurch erhalten, wenn der Künstler die festen Punkte bei 0° und 50° C. bestimmet, und die oben angegebene Methode der Skalentheilung befolgt.

§. 9. Breguet'sches Thermometer zur Beobachtung des Maximums und Minimums. Von Lechevallier.

Um das Breguet'sche Thermometer zur Beobachtung des Maximums und Minimums einzurichten, höhle man in der Mitte des graduirten Kreises, auf welchem sich die Spitze der Nadel bewegt, eine mit diesem Kreise concentrische Furche aus und bringe darin oder darauf (*y*) zwei sehr leichte Laufer, einen zu jeder Seite der Nadel, an, die dem geringsten Anstoß zu weichen vermögen. Begreiflich werden dieselben bis zum Maximum oder Minimum durch die fortschreitende Nadel fortgeschoben werden und daselbst liegen bleiben. Die Schraubengewinde des Thermometers muß stark genug sein, daß die Bewegung der Nadel durch den kleinen Widerstand, den die Laufer darbieten, kein Hinderniß erfahre.

§. 10. Maximumthermometer (Registerthermometer). Von S. King.

(Hierzu Fig. 66 und 67.)

King macht den gewöhnlichen sogenannten Maximumthermometern, bei denen die Quecksilbersäule beim Steigen ein Stahlstängelchen vor sich herschiebt, und es beim Zusammenziehen am höchsten Punkte liegen läßt, den Vorwurf, daß sie sich nicht wohl transportiren lassen, und auch zur See wegen der beständigen Bewegung des Schiffes von keiner Anwendung sind, indem bei jedem Stöße sich das Stahlstängelchen ins Quecksilber taucht. Er schlägt nun zwei verschiedene Vorrichtungen vor, die besser zum Zwecke führen sollen. Die erste ist in Fig. 66. abgebildet und stellt ein Doppelthermometer vor, welches aus einer einzigen Röhre verfertigt zu sein scheint. Das eine dieser zwei Thermometer A ist wie ein gewöhnliches Quecksilberthermometer eingerichtet und auch mit einer Skale versehen, wie sie diese Instrumente zu haben pflegen; das zweite hingegen hat eine von jenem verschiedene Einrichtung. Es reicht nämlich die Röhre B in das Quecksilbergefäß H hinein, wie dieses in Fig. 67. zu sehen ist, und läuft in demselben in eine Spitze aus. Diese Röhre enthält nicht wie die erstere Quecksilber, sondern gefärbten Weingeist, der durch eine in E befindliche Luftsäule vom Quecksilber getrennt ist. Das Gefäß H, welches mit G möglichst gleichen Inhalt haben muß, ist bis D mit Quecksilber gefüllt, enthält aber über diesem Luft.

Beim Gebrauche wird dieses Instrument wie ein gewöhnliches Thermometer aufgehängt und so adjustirt, daß die Röhre B bloß Weingeist enthält. Steigt nun die Temperatur, so dehnt sich das Quecksilber im ersten Thermometer aus, wirkt auf die Luft in E, und durch diese auf die Weingeistsäule in B. Dadurch tritt ein Theil desselben in das Gefäß H, und steigt wegen seines geringern specifischen Gewichtes über das Quecksilber daselbst. Sinkt nun die Temperatur wieder, so gelangt statt des vertriebenen Weingeistes eine proportionirte Queck-

silbersäule in die Röhre C, aus deren Länge man abnehmen kann, wie groß die höchste Temperatur war, welcher das Instrument ausgesetzt war.

Um dieses Thermometer wieder zu fernerm Gebrauche einzurichten, berührt man das Gefäß G mit einer warmen Hand, und vertreibt dadurch die Quecksilbersäule aus der Röhre B. Ist dieses erfolgt, so bringt man, ohne die erwärmende Hand zu entfernen, das Instrument in eine geneigte Lage, daß die Spitze C das Quecksilber verdrängt und nunmehr in Weingeist getaucht ist, zieht dann die Hand zurück, läßt das Thermometer die vorige Temperatur annehmen, damit der Weingeist wieder in die Röhre B gezogen werde. Sobald dieses geschehen ist, hängt man das Instrument wieder an seinen Platz, denn nun ist es zu einer fernern Beobachtung des Maximums der Temperatur geeignet.

Man kann den Weingeist auch ganz weglassen und dafür die Röhre B bloß mit Luft füllen, doch dürfte nach King's Meinung dadurch die Richtigkeit des Instrumentes leiden, wenn nicht etwa durch Horizontalliegen diesem Uebel abgeholfen wird. Auf den ersten Blick scheint dieses Instrument schwer zu verfertigen zu sein; man kann sich aber die Arbeit bedeutend erleichtern, wenn man jedes der zwei Thermometer für sich verfertigt und sie hierauf in E mit einander verbindet.

King gibt noch eine andere Einrichtung eines Registerthermometers an, welches mit dem von Blackader bekannt gemachten im Wesentlichen übereinstimmt. Indeß versichert Baumgartner, durch viele, mit einem solchen Instrumente angestellte Versuche sich überzeugt zu haben, daß es kein genaues Resultat gibt, weil nicht alles Quecksilber, welches durch die Wärme aus der offenen Thermometeröhre vertrieben wird, und in die daran gesteckte Kugel fallen soll, wirklich dahin fällt, sondern an der äußersten Glasspitze der Röhre einen bald größern, bald kleinern Tropfen bildet, der sich beim Sinken der Temperatur wieder in die Röhre zurückzieht. Daher fällt das Maximum der Temperatur, welches dieses Instrument anzeigt, stets geringer aus, als es wirklich ist.

§. 11. Maximumthermometer (Geothermometer). Von Magnus.

(Hierzu Fig. 68 — 71.)

Das nachfolgende sinnreiche Instrument wurde vom Verfasser construiert, um damit die Temperatur in großen Tiefen der Erde zu bestimmen, und hat sich bei damit angestellten Versuchen sehr brauchbar erwiesen. Der Verfasser gibt ihm deshalb den Namen Geothermometer oder Erdthermometer.

Dies Instrument (Fig. 68.) besteht aus einem gewöhnlichen Thermometer TA, das oben bei T offen und so getheilt ist, daß sowohl der Nullpunkt desselben, als auch der Punkt T und jeder zwischenliegende Punkt den gleichnamigen Punkten irgend einer der bekannten Thermometerskalen entsprechen, so daß, wenn man dies Instrument in dieselbe Temperatur mit einem nach derselben Skale getheilten Thermometer bringt, beide dieselbe Anzahl von Graden zeigen. Erwärmt man nun das Instrument bis zu einer Temperatur, die höher ist als T, so wird ein Theil des in ihm enthaltenen Quecksilbers ausfließen, und bringt man es danach wieder in eine und dieselbe Temperatur mit dem nach derselben Skale getheilten Thermometer (das wir Normalthermometer nennen wollen), so wird es nicht mehr dieselbe, sondern eine niedrige Anzahl von Graden zeigen als jenes. Aus der Differenz des Standes, den es wirklich hat, und dem, den es haben sollte und der durch das Normalthermometer angezeigt wird, läßt sich leicht die Temperatur finden, bis zu der es erwärmt gewesen. Denn bei diesem Ma-

rimum der Temperatur, das wir der Kürze wegen mit x bezeichnen, war das Instrument ganz, d. i. bis T , mit Quecksilber gefüllt; es war daher so viel Quecksilber herausgetreten, daß es nur T° zeigte, während das Normalthermometer x° gezeigt haben würde. Es kommt also eigentlich nur darauf an, diese Differenz $x - T$ zu finden. Diese wird man aber leicht beobachten können, wenn man das Instrument mit dem Normalthermometer in eine Temperatur bringt, die geringer ist als x ; denn das Instrument wird dann um so viel unter dem Normalthermometer stehen, als es bei der Temperatur x unter demselben gestanden hatte, nämlich um $T - x$, nur daß dieses $T - x$ die gehörigen Correctionen erleiden muß, da es hier nicht bei der Temperatur x , sondern bei einer niedrigeren gemessen wird.

Diese Betrachtung macht es auch zugleich anschaulich, daß zur Bestimmung des Maximums der Temperatur keineswegs gerade das ursprüngliche Quecksilbervolumen, nach welchem das Instrument getheilt worden und das es bei der Temperatur 0° gerade bis Null erfüllt, in demselben vor dem Versuche enthalten zu sein brauche; sondern, daß dieses Quecksilbervolumen größer oder kleiner sein dürfe, wenn es nur hinreichend ist, das Instrument bei der Temperatur x° gänzlich, d. h. bis T , zu füllen. Dieser Umstand aber, daß die Bestimmung des Maximums unabhängig ist von der Quecksilbermenge, die vor dem Versuche in dem Instrumente enthalten gewesen, macht dasselbe eigentlich erst recht anwendbar. Denn man braucht nur dafür zu sorgen, daß es nicht zu wenig Quecksilber enthalte, ohne daß es auf die Quantität ankommt, die man zu dem Ende einführt; und die ganze Beobachtung besteht nur darin, daß man nach dem Versuche das Instrument mit dem Normalthermometer in eine und dieselbe Temperatur bringt, um den Stand von beiden zu verzeichnen.

Hierzu bedient man sich, in Ermangelung einer andern constanten Temperatur, am besten eines Eimers mit frischem Brunnenwasser, der bis zu der Zeit, wo die Thermometer einen unveränderlichen Stand angenommen haben, seine Wärme nicht ändert. Die Vergleichung in der Luft könnte durch unvorsichtige Annäherung des Körpers, oder durch Zug und andere zufällige Umstände leicht einen Irrthum veranlassen. Besonders hat man auch darauf zu achten, daß das Instrument, nachdem es den Ort verlassen hat, dessen Temperatur x es annehmen soll, nicht noch höher erwärmt werde, bevor der Stand desselben mit dem des Normalthermometers verglichen ist. Deshalb darf man sich bei Bohrlöchern oder verlassenen Schächten nicht bloß damit begnügen, die Temperatur der größten Tiefe zu untersuchen, sondern man muß auch die von verschiedenen andern weniger tief liegenden Punkten bestimmen, um sicher zu sein, daß das Instrument sein Maximum nicht in einer geringern Tiefe erreicht habe, als die, bis zu der es herabgelassen worden.

Man sieht leicht ein, daß die Genauigkeit des Instrumentes davon abhängt, daß von dem Quecksilber, das oben bei T durch die Erwärmung heraustritt, beim Erkalten nichts wieder zurückgehe. Dies kann man nur erreichen, wenn man das Thermometerrohr bei T ganz fein auszieht und dann scharf abschneidet. Bei den Instrumenten des Verfassers ist die Oeffnung bei T so fein, daß man sie kaum mit bloßen Augen sehen kann. Damit aber jedes aus derselben hervortretende Quecksilberkugeln sogleich abfalle, ist die Spitze wie in Fig. 68. so gebogen, daß sie horizontal steht. Die Thermometerrohre selbst hat einen ziemlich weiten innern Durchmesser, und der daran geblasene Behälter ist so groß, daß jeder Grad der Skale (Reaumur'sche) 0,5 Zoll beträgt. Sollte also auch ein Quecksilberkugeln an der Spitze hängen bleiben, ohne sogleich abzufallen, und sich beim Abkühlen wieder in das Thermometerrohr mit hineinziehen, so

ist dies wegen der Feinheit der Oeffnung, durch die es mit dem übrigen Quecksilber zusammenhängt, doch stets so klein, daß es kaum $\frac{1}{20}$ eines solchen Grades beträgt. Uebrigens kann man bei Anfertigung des Instrumentes mit einiger Geschicklichkeit es leicht dahin bringen, daß auch jede noch so geringe Menge Quecksilber sogleich beim Heraustreten abfalle.

Die Feinheit der Oeffnung bei T ist keineswegs ein Hinderniß, um neues Quecksilber einzufüllen, wenn etwa zuviel herausgetreten sein sollte. Man legt zu dem Ende das Instrument horizontal, paßt auf die alsdann vertical stehende Spitze einen kleinen Trichter, in den man einige Tropfen ganz reines und vollkommen trockenes Quecksilber gießt, und erwärmt die Kugel, bis das ganze Rohr mit Quecksilber gefüllt ist; läßt man sie alsdann wieder erkalten, so folgt das Quecksilber aus dem Trichter dem in der Röhre befindlichen bei seiner Zusammenziehung. Als Trichter nimmt der Verfasser einen gewöhnlichen Kork, der oben so vertieft ist, daß er einige Tropfen Quecksilber faßt und unten eine kleine Oeffnung hat, mit der er auf die Spitze bei T aufgefaßt wird. Fig. 69. stellt einen Durchschnitt desselben dar.

Um nun die für die Skale des Instrumentes nöthigen Punkte zu bestimmen, füllt man dasselbe auf die eben beschriebene Art mit Quecksilber, und bringt es, ohne den Trichter abzunehmen, mit dem Normalthermometer, nach dessen Skale es getheilt werden soll, in eine beliebige, unveränderliche Temperatur T. Wenn man sicher ist, daß dasselbe diese Temperatur angenommen, nimmt man den Trichter mit dem überschüssigen Quecksilber ab und bringt das Instrument zuerst in fein zerstoßenes Eis, um den Nullpunkt desselben zu bestimmen, und darauf mit dem Normalthermometer in verschiedene Temperaturen, die zwischen 0° und T° liegen, um so viele Punkte der Skale als nöthig zu bestimmen. Sind diese Punkte einmal bestimmt, so kommt es nicht mehr darauf an, daß gerade das Quecksilbervolumen, dessen Ausdehnung sie anzeigen (das schon oben das ursprüngliche Quecksilbervolumen genannt worden ist), in dem Instrumente bleibe; man braucht daher nun nicht mehr zu scheuen, dasselbe einer Temperatur auszusetzen, die höher ist als T.

Das Zufüllen von Quecksilber wird sehr erschwert, wenn das Thermometerrohr inwendig feucht werden sollte; man muß deshalb dafür sorgen, daß, besonders beim Hinablassen des Instrumentes in Wasser, von diesem nichts durch die Oeffnung bei T eindringen könne. Um dies zu vermeiden, befestigt der Verfasser über die Röhre und die daran befindliche Messingskale eine enge Glasglocke h h Fig. 70., deren oberes verschlossenes Ende die Spitze bei T so nahe als möglich berührt, und versieht dieselbe unten mit einer Oeffnung, damit das Wasser, wenn das Instrument in dasselbe hinabgesenkt wird, ungehindert seinen Druck auf die in der Glocke befindliche Luft ausüben könne. Wird diese nun hiedurch auch zusammengedrückt, so kann diese Zusammendrückung doch niemals so weit gehen, daß das Wasser die Oeffnung bei T erreichen könnte.

Der Druck, der in der Tiefe auf das Instrument ausgeübt wird, wirkt auf das Thermometer sowohl von außen, als auch durch die Oeffnung bei T von innen. Dieser Druck mag daher noch so stark werden, man hat niemals eine Beschädigung des Glases durch denselben zu befürchten. Allein da das Glas und das Quecksilber demselben Drucke ausgesetzt werden, die Zusammendrückbarkeit des Quecksilbers aber bedeutender als die des Glases ist, so wird um so viel weniger Quecksilber aus der Oeffnung bei T heraustreten, als dieser Unterschied der Zusammendrückbarkeit beträgt. Colladon und Sturm haben diese Größe bestimmt und gefunden, daß sie für den Druck von einer Atmosphäre 1,75 Mil-

Heiztheile des angewandten Quecksilbervolumens beträgt. Hieraus kann man leicht berechnen, wie viel Quecksilber zu wenig aus dem Instrumente entwichen ist, und danach die Beobachtung corrigiren.

Man braucht zwar die Thermometerkugel des Instrumentes nicht größer zu machen; als die eines gewöhnlichen Thermometers, allein die zunehmende Größe derselben, von der auch die Größe der einzelnen Grade der Skale abhängig ist, vermehrt die Genauigkeit, ohne Uebelstände herbeizuführen; da man doch jedenfalls das Instrument so lange an der zu untersuchenden Stelle lassen muß, bis auch die größere Quecksilbermasse die Temperatur derselben vollständig angenommen hat, wozu beiläufig nur etwa eine Viertelstunde erforderlich ist. Allein je größer die Kugel ist, um so leichter ist sie auch dem Zerbrechen ausgesetzt; man muß daher Sorge tragen, sie gehörig zu verwahren. Dies erreicht der Verfasser dadurch, daß er statt der Kugel einen cylindrischen Quecksilberbehälter wählt und denselben zwischen zwei Messingscheiben a b und c d Figur 71. einschließt, die durch drei Schrauben a c, b d ic. mit einander verbunden sind; in jede der beiden Scheiben ist eine Korkplatte eingelassen, so daß der Cylinder nur von den Korkplatten berührt wird, in die er etwas versenkt ist. Der obere Kork ist durchbohrt, und durch die Oeffnung desselben geht das Rohr des Thermometers. Auf diesem sind die nach dem Normalthermometer bestimmten Punkte mit einem Diamant verzeichnet, damit, wenn man das Instrument auseinander nehmen sollte, man sich immer wieder überzeugen könne, daß diese auch wirklich gerade über den entsprechenden Punkten der Messingskale liegen. Sollte dieses nicht genau der Fall sein, so kann man es leicht dahin bringen, indem man die Schrauben a c, b d ic. ein wenig anzieht oder nachläßt, wodurch die Messingskale, die nur auf die obere Platte c d aufgeschraubt ist, dem Cylinder genähert oder von ihm entfernt wird. Die Platte c d ist bei f g mit einem Schraubengewinde versehen, um auf dieselbe die Messingplatte h zu schrauben, in welche die Glasglocke h k eingekittet ist. Diese Messinghülse hat eine kleine Oeffnung, damit das Wasser bei vermehrtem Druck ungehindert in die Glocke eintreten könne.

Um nun den genauen Werth von x der gesuchten Temperatur zu finden, so bezeichne man das ursprüngliche Quecksilbervolumen, wonach das Instrument getheilt worden, und das es bei 0° bis zum Nullpunkte füllt, mit V; und das Quecksilbervolumen, das nach dem Versuche in dem Instrumente enthalten ist, gleichfalls bei der Temperatur 0° betrachtet, mit V'; ferner sei t die Temperatur, in welche das Instrument zur Vergleichung mit dem Normalthermometer nach dem Versuche gebracht wird, und t' die Anzahl von Graden, welche das Instrument bei dieser Temperatur einnimmt; endlich $\frac{1}{\delta}$ die Ausdehnung des Quecksilbers für einen Grad der Skale, nach welcher das Instrument getheilt worden, so hat man folgende Gleichung:

$$V' \left(1 + \frac{t}{\delta} \right) = V \left(1 + \frac{t'}{\delta} \right),$$

weil das Volumen V' bei der Temperatur t denselben Raum einnimmt, den V, als das Instrument getheilt wurde, bei der Temperatur t' einnahm.

Ferner hat man die Gleichung:

$$V' \left(2 + \frac{x}{\delta} \right) = V \left(1 + \frac{T}{\delta} \right),$$

denn bei der Temperatur x hatte sich V' so ausgebehnt, daß es das ganze In-

strument erfüllte, d. h. denselben Raum einnahm, den V bei der Temperatur T eingenommen.

Dividirt man die obigen Gleichungen durch einander, so erhält man:

$$\frac{1 + \frac{t}{\delta}}{1 + \frac{x}{\delta}} = \frac{1 + \frac{t'}{\delta}}{1 + \frac{T}{\delta}}$$

oder:

$$\frac{\delta + t}{\delta + x} = \frac{\delta + t'}{\delta + T}$$

woraus sich ergibt:

$$x = \frac{\delta + T}{\delta + t'} (\delta + t) - \delta,$$

oder:

$$x = \frac{(t - t' + T) \delta + tT}{\delta + t'}.$$

Da Colladon und Sturm den Unterschied in der Zusammendrückbarkeit des Quecksilbers und des Glases für den Druck einer Atmosphäre von $0^m,76$ Quecksilber oder $10^m,32$ Wasserhöhe zu $\frac{1,73}{1000000}$ gefunden haben; so beträgt die Quecksilbermenge, die durch den Druck von einer solchen Atmosphäre verhindert worden aus dem Instrumente zu entweichen, $\frac{1,73}{1000000} \cdot V'$, und wenn man diese Größe in Graden des Instrumentes ausdrückt:

$$\frac{1,73 \cdot V'}{1000000} \cdot \frac{\delta}{V} \text{ Grade.}$$

Da nun V' nur um sehr wenig von V unterschieden ist, so kann man beide, ohne einen Fehler zu begehen, einander gleich setzen, und erhält dann:

$$\frac{1,73}{1000000} \cdot \delta.$$

Bezeichnet nun h die Höhe der Wassersäule, die, wenn das Instrument in die Tiefe hinabgelassen ist, auf dasselbe drückt, so ist, da $10^m,32 = 32,8$ preussische Fuß:

$$\frac{h}{32,8}$$

diese Höhe in Atmosphären ausgedrückt, und folglich ist:

$$\frac{1,73}{1000000} \cdot \frac{\delta h}{32,8}$$

die Anzahl von Graden, um die sich das Quecksilber weniger ausgebehnt hat, als es sich ausgebehnt haben würde, wenn es diesem Drucke nicht ausgesetzt gewesen wäre; man muß daher diese Größe noch zu dem obigen Werthe von x hinzufügen, wodurch dieser dann wird:

$$x = \frac{(t - t' + T) \delta + tT}{\delta + t'} + \frac{1,73}{1000000} \cdot \frac{\delta h}{32,8}$$

Da δ für alle gebräuchliche Thermometerkalen, selbst die Fahrenheit'sche, sehr groß ist in Vergleich mit t , t' und T , so sind die nicht mit δ multiplicirten Glieder sehr klein, in Vergleich mit den übrigen, und können daher gänzlich vernachlässigt werden, wodurch man erhält:

$$x = t - t' + T + \frac{1,73}{1000000} \cdot \frac{\delta h}{38,8}$$

§. 12. Thermometer zu Versuchen über die Veränderlichkeit des Siedepunktes. Von Kemp.

Kemp sucht die Empfindlichkeit der Thermometer für diese Untersuchungen durch zwei Mittel zu erhöhen, wovon das erste keinesweges neu ist; denn er versteht ein gewöhnliches Instrument mit engem Rohre nur mit einer größern Kugel und einem cylindrischen weiten Ansätze. Die zweite von ihm empfohlene Einrichtung hingegen verdient nähere Erwähnung. Sie besteht in einer Abänderung des Leslie'schen Differenzialthermometers. Die beiden Kugeln (A und B) befinden sich nicht, wie bei der gewöhnlichen Einrichtung dieses Instrumentes, an der geklärten Thermometerrohre, sondern diese ist zwei Mal rechtwinkelig, und zwar zuerst horizontal, dann abwärts gebogen; ferner reicht die Röhre fast bis auf den Boden der Kugel A, und ist stets in die gefärbte Schwefelsäure getaucht, welche einen Theil des innern Raumes dieser Kugel einnimmt, während sie in der Kugel B heberförmig aufwärts gebogen ist.

Will man mit diesem Instrumente z. B. einen Versuch über den Einfluß der Natur des Gefäßes auf den Siedepunkt des Wassers machen, so wird jede der zwei Kugeln dieses Instrumentes in ein Gefäß mit siedendem Wasser getaucht. Hat dieses in beiden Gefäßen einerlei Temperatur, so wird man an der flüssigen Säule keine Bewegung wahrnehmen; findet aber ein Temperaturunterschied statt, so wird derselbe aus der Bewegung der Flüssigkeit der Größe nach abnehmen lassen.

§. 13. Kältemesser (Frigorimeter), oder Instrument zur Bestimmung, um wie viel ein Metall durch die Kälte zusammengezogen wird.

(Hierzu Fig. 72 — 74.)

Ich habe vor einiger Zeit folgendes Instrument erfunden, welches ich Frigorimeter nenne, und wodurch ich bestimme, um wie viel Metalle sich in der Kälte zusammenziehen.

In Fig. 72. ist A ein cylindrisches Gefäß aus dünnem verzinneten Eisenbleche mit einem daran befestigten Thermometer. Das Thermometer T ist, wie gewöhnlich, in Grade getheilt, bei a aber gekrümmt, so daß seine Kugel in den Cylinder tritt. S ist eine in dem Cylinder befestigte Feder von der in Fig. 73. gezeichneten Form, wo a der Theil ist, der inwendig in A befestigt ist, und b der Theil, der auf dem Ende der Metallstange ruht, deren Zusammenziehung gemessen werden soll. Sie ist an A mittelst eines Nietes befestigt, welches nachgibt, so daß die Feder S auf die Seite gedreht werden kann, um die Metallstange an die gehörige Stelle bringen zu lassen. An S ist eine Schnur b befestigt, deren anderes Ende sich um die Achse E des Rades W windet. An W ist eine Schnur angemacht, die über die Rolle P läuft, und in die Büchse CCC hinabsteigt, wo sie ein Räderwerk treibt, das den Zeiger zweihundert Mal herumlaufen läßt, wenn die Stange sich um Einen Zoll zusammenzieht. Der Kreis, auf welchem dieser Zeiger umherläuft, ist in 400 Theile getheilt. Wenn sich demnach die Stange nur um den 80,000sten Theil eines Zolles zusammenzieht, läuft der Zeiger Eine Eintheilung dieses Kreises.

Um dieses Instrument zu brauchen, läßt man die Schraube nach, die die

Feder *S* hält, und führt die Stange ein. Man bringt *S* wieder an seine Stelle, und läßt das Niet nach, welches den Zeiger befestigt, der auf 400 gestellt wird. Man bemerkt den Grad der Wärme, den das Thermometer anzeigt, und gießt in das Gefäß *A* eine erkältende Mischung. Man bemerkt, um wie viel Grade das Thermometer sinkt, und zugleich auch den Grad auf dem Kreise, auf welchem der Zeiger steht.

Die innere Seite dieses Kältemessers ist auf folgende Weise eingerichtet. (s. Fig. 74.) Die Schnur *a* läuft um die Achse *M* des Rades *N*. Das Rad *N* hat 20 Zähne, und diese greifen in den Triebstock *O*, der vier Blätter führt. *P*, das 20 Zähne hat, und auf derselben Achse mit *O* steht, treibt den Triebstock *R*, der fünf Blätter führt. Der Zeiger ist auf der Achse des Triebstockes *R* befestigt. Um eine eingeschnittene Furche in dem Triebstocke *O* ist eine Schnur *f* gewunden, und läuft von da an das Ende einer Feder *r*. Die Furche in der Achse *E* verhält sich zur Furche in dem Rade *W*, wie 1 : 5. Die Achse *M* ist gleich der Achse *E*, und *E* hat einen halben Zoll im Umfange. Der Zweck der Feder *r* ist offenbar; denn ohne diese würde, wenn die Stange sich wieder verlängert, *S* mit derselben emporsteigen, und die Feder *b* würde nachlassen, ohne auf das Räderwerk zu wirken.

Mit einigen Abänderungen läßt dieses Instrument sich auch als Pyrometer benutzen.

§. 14. Thermo-Barometer des Hrn. Angelo Bellani.

Im Giornale di Fisica, Dec. II. T. X. p. 455. beschreibt Hr. A. Bellani ein Barometer, das Thermometer zugleich ist, indem sich die Barometerrohre an einem Ende in ein graduirtes Haarröhrchen verdünnt. Dieses Barometer erhielt in der Industrie-Preisvertheilung zu Venedig am 4. October 1827 einen Preis, und ist zu Mailand, Borgo di Monforte, N. 276. zu haben. Die Beschreibung dieses Thermo-Barometers werden wir wahrscheinlich bald in einem deutschen Journale der Physik in einer Uebersetzung erhalten. Da man es bei jeder Beobachtung umkehren muß, so scheint es uns, so sinnreich es auch ist, unbequem, und durch das häufige Umkehren desselben wird es beinahe unvermeidlich sein, daß nicht am Ende Luft in dasselbe tritt. Hr. G. Belli hat einen Anhang über Höhe-Messungen mittelst des Barometers beigelegt, der sehr lehrreich ist.

§. 15. Prinsep's Pyrometer.

Schon längst haben sich in der Praxis Schmelzungen strengflüssiger Substanzen als die sichersten Pyrometer erwiesen, so namentlich benutzt man auf Glashütten, Blaufarbbewerken u. s. w. gewisse mehr oder weniger strengflüssige Gritten, um damit die Hitze des Ofens auszumitteln. Prinsep gibt dem Verfahren den Vorzug, nach welchem man den Grad hoher Temperaturen nach dem Schmelzen edler Metalle schätzt. Die Schmelzpunkte des Goldes, Silbers und Platins sind entfernt genug von einander, um eine bedeutende Temperatur-Differenz zu umfassen. Um aber Zwischengrade zwischen diesen drei festen Punkten zu erhalten, werden noch Legirungen dieser Metalle mit einander in verschiedenen Verhältnissen angewandt. Ein nach diesem Princip eingerichtetes Pyrometer gibt sehr genaue Anzeigen und es besteht nur aus einem kleinen Gefäße, das in getrennten Zellen die nöthige Zahl der pyrometrischen Legirungen, jede von der Größe eines Nadelkopfes enthält. Ist eine davon bei einem Versuche geflossen, so bringt man sie unter den Hammer, um ihr neue Brauchbarkeit zu

geben. Die Bezeichnungswelke der Angaben dieses Pyrometers ist sehr einfach und zweckmäßig, indem sie zugleich die Natur der Legirung und den entsprechenden Temperaturgrad ausdrückt. Der Abstand zwischen den Schmelzpunkten des Silbers und Goldes wird in 10 Grade getheilt, deren jeder einem Zusaße von 10 p. C. Gold zum Silber entspricht, so daß der Schmelzpunkt des reinen Silbers mit 0, der des reinen Goldes mit 10 bezeichnet ist. Vom Schmelzpunkte des Goldes bis zu dem des Platins zählt der Verfasser 100 Grade, die Zwischengrade werden durch Zusaß von 1 p. C. Platin für jeden Grad über 10° erhalten.

§. 16. Neue Thermometer = Fassung.

Ein Herr W. Mageough theilt die Idee zu einer neuen Fassung eines Thermometers mit, wodurch dasselbe, insofern die Röhre auch aus Erde oder Metall sein kann, zum Pyrometer werden und Wärmegrade anzeigen kann, die man bisher mit keinem Thermometer zu bestimmen vermochte. Die Idee beruht darauf, das Thermometer in dem Mittelpunkte seiner Schwere horizontal so aufzuhängen, daß es sich um seine Achse drehen kann, wo es dann auf dem Fixpunkte mit einem Arme sinken, auf dem Siedepunkte mit dem entgegengesetzten Arme steigen wird. Die Spitze des Thermometers deutet, während dieser Schwankungen auf einem graduirten Halbkreise die Grade der Temperatur an, und zeichnet sie auch selbst aus. Wir erwarten hierüber Versuche deutscher Physiker, die ihre Versuche mehr auf das Nützliche wenden sollen. Unsere Thermometer sind in technischer Hinsicht noch nicht, was sie sein sollten.

§. 17. Untersuchungen über das Leitungs = Vermögen dünner Körper, welche der Einwirkung der Wärme ausgesetzt sind, und Beschreibung eines neuen Berührungs = Thermometers. Von Hrn. Fourier.

(Hierzu Fig. 75. und 76.)

Die Abhandlung, welche ich der Akademie vorlege, hat zum Zweck, die Resultate einiger neuerdings mit einem Berührungs = Thermometer angestellten Versuche bekannt zu machen. Dieses Instrument zeigt die größere oder geringere Leichtigkeit an, womit die Wärme Blättchen oder dünne Blätter verschiedener Körper durchbringt; es dient so, um die Hülfsen, welche sich dem freien Durchlassen der Wärme widersetzen, nach Verhältniß ihrer Leitungskraft aneinander zu reihen.

Wenn Körper von verschiedener Natur sehr lange Zeit an einem und demselben Orte verbleiben, und wenn die Temperatur des Umfanges, welcher diesen Raum begrenzt, einen beständigen Werth erlangt hat und auch behält, so werden alle diese Körper die beständige und eigenthümliche Temperatur des Umfanges annehmen. Ein Thermometer, welches auf die verschiedenartigsten Oberflächen, zum Beispiel auf Metallblättchen, Gewebe aus Wolle, Baumwolle, Glas, auf Filz oder andere Substanzen gesetzt wird, wird immer denselben Grad zeigen; berührt man aber diese Substanzen, so wird die Hand sehr verschiedene Temperaturen fühlen; gewisse Oberflächen, wie die der Metalle oder des Marmors, werden bei der Berührung viel kälter als andere scheinen, obgleich sie alle gleiche Temperatur haben.

Der physikalische Grund dieser Thatsache ist allgemein bekannt. Es ist offenbar, daß die Hand des Beobachters, weil sie wärmer als die berührten Oberflächen ist, schnell einen Theil ihrer eigenen Oberfläche fahren läßt, welcher

sich den umgebenden Massen mittheilt. Nun besitzen aber die verschiedenen Körper das Vermögen, die Wärme, welche sie enthielten, aufzunehmen und fahren zu lassen, sehr ungleich; gerade dieses Leitungsvermögen nahm ich mir vor, zu beobachten und zu messen. Der Gebrauch unserer Sinne ist allein schon hinreichend, um diese eigenthümlichen Eigenschaften zu unterscheiden; die Kunst kann sie aber noch viel merklicher machen, und sie gibt uns, was wichtig ist, ihr genaues Maß.

Einige Physiker und besonders Hr. Leslie aus Edinburgh und der Graf Rumford hatten, indem sie die Dauer des Erhaltens der Flüssigkeiten in Gefäßen, welche mit verschiedenen Umschlägen bekleidet waren, beobachteten, uns gezeigt, welchen Einfluß der Zustand der Oberfläche auf die Ausstrahlung und den Verlust der Wärme hat. Die mathematische Theorie bietet verschiedene andere Mittel dar, die Durchdringlichkeit der Körper zu messen. Es ist hinreichend, wie ich gezeigt habe, die veränderliche Bewegung der Flüssigkeiten in Gefäßen, welche sich in Materie und Dicke unterscheiden, sehr genau zu beobachten, oder den unwandelbaren Zustand, welcher nach einer gewissen Zeit eintritt, zu bestimmen. Die Beobachtungen dieser Art werden mit der Zeit schätzbare Tabellen liefern, welche die Eigenschaften aller Körper in Hinsicht auf die Wärme anzeigen. Der Gebrauch des neuen Berührungs-Thermometers hat keinen so ausgedehnten Zweck. Er muß diesen theoretischen Untersuchungen vorangehen und sie erleichtern, indem er eine ziemlich genaue Kenntniß einer sehr großen Anzahl von Resultaten verschafft. Dieses Instrument kann in zwei verschiedenen Formen verfertigt werden. Ich habe mit beiden Versuche angestellt, und es schien mir nützlich, einige dieser Beobachtungen bekannt zu machen.

Ich ließ zuerst vor einigen Jahren das außerordentlich einfache Instrument, welches ich jetzt beschreiben will, verfertigen. Es besteht aus einem kegelförmigen Gefäße von sehr dünnem Eisen, welches mit Quecksilber gefüllt und an seiner unteren kreisförmigen Basis mit einer mittelmäßig dicken Haut bekleidet ist. Ein Thermometer, dessen Kugel in das Quecksilber getaucht wird, zeigt jeden Augenblick die Temperatur der flüssigen Masse an; die Fig. 75. zeigt die verschiedenen Theile des Instrumentes; AA ist das kegelförmige mit Quecksilber gefüllte Gefäß; bbb die biegsame Oberfläche, welche die Flüssigkeit enthält; cc das innere Thermometer, welches in das Quecksilber taucht; D die Stütze, welche auf einer bestimmten Temperatur, z. B. derjenigen der Kammer, worin man arbeitet, erhalten wird. Zuerst erhitzt man nun und zwar einzig und allein das kegelförmige Gefäß A bis auf eine bestimmte Temperatur, die von 40 Graden (Centesl.); alsdann, wenn man auf die Stütze die dünne Platte oder das Blättchen, dessen Leitungskraft man messen will, gebracht hat, setzt man auf dieses Blättchen das kegelförmige Gefäß mit Quecksilber; hierauf beobachtet man sorgfältig die fortschreitende Erkaltung, indem man die verflossenen Zeiten und die entsprechenden Temperaturen bemerkt.

Das Gesetz der Erkaltung wird durch eine Differenzial-Gleichung ausgedrückt; der vollständige Ausdruck dieses Gesetzes enthält die fixe Temperatur der Stütze, die der umgebenden Luft und einen Exponent, welcher von dem Leitungsvermögen der Substanzen abhängt, die die Wärme durchdringt. Man kann also das Maß dieses Vermögens aus demjenigen der für verschiedene Zeitwerthe beobachteten Temperaturen ableiten. Auf folgende Art erhält man den Ausdruck für die Bewegung der Wärme. Wir bezeichnen durch die Wärmemenge, welche während der Zeiteinheit von der Oberfläche des kegelförmigen Gefäßes in die Luft ausströmen würde, wenn die Größe dieser Oberfläche = 1 angenommen, die

Thermometer. 1

8

Differenz zwischen der Temperatur der Luft und der fixen Temperatur der Oberfläche gleich 1 wäre. Wenn nun a die wirkliche Temperatur des erhitzten kegelförmigen Gefäßes S die Größe seiner Oberfläche und dt das Element der verfloffenen Zeit ist, erhält man $Hsa - mdt$ für die Quantität der Wärme, welche während des Augenblicks dt von der Oberfläche des Gefäßes in die Luft ausströmt, wovon m die fixe Temperatur bezeichnet. Man mißt die Wärmemengen, indem man bezeichnet, wie oftmals sie eine gewisse als Einheit angenommene Quantität enthalten; H bezeichnet eine gewisse Anzahl dieser Einheiten.

Man bezeichnet durch h die Wärmemenge, welche während der Zeiteinheit die Einheit der Oberfläche durchdringen und aus der erhitzten kegelförmigen Masse A in die Stütze D ausströmen würde, wenn die Differenz zwischen der Temperatur von A und derjenigen von der Stütze 1 (100 Centesimalgrade) wäre. So ist $hba - ndt$ die Wärmemenge, welche aus dem Gefäß in die Stütze ausströmt, deren fixe Temperatur durch n vorgestellt wird, wenn b die Größe derjenigen Oberfläche ist, welche die Stütze berührt; es drückt also $Hsa - mdt + hba - ndt$ die Wärme aus, welche das Gefäß während des Augenblickes dt verliert. Wenn man nun durch c die Wärme bezeichnet, welche, wenn sie zu derjenigen, die die Masse A enthält, hinzukommt, von der wir voraussetzen, daß sie auf der Temperatur 0 ist, diese Masse von der Temperatur 0 auf die Temperatur 1 bringen würde, so wird man die Differenzialgleichung

$$da = - \frac{1}{c} [Hsa - mdt + hba - ndt] \quad (1),$$

als Ausdruck der veränderlichen Bewegung der Wärme erhalten. Man integriert diese Gleichung leicht, wenn man schreibt

$$- (Hs + hb) \frac{t}{c} \quad (2);$$

$$a = P + Qe$$

denn wenn man diesen Werth dem a in der Gleichung (1) substituirt, so verificirt man die Gleichung und hat nur die Bedingung

$$P = \frac{Hsm + hbn}{Hs + hb}.$$

Nun wollen wir durch $a_0, a_{\delta}, a_{2\delta}$ drei auf einander folgende Temperaturen bezeichnen, welche man nämlich am Ende dreier Zeitzwischenräume, wovon jeder gleich δ ist, beobachtet und durch q den Exponenten - Coefficient

$$\frac{hb + Hs}{c}$$

bezeichnen, welchen man als unbekannt betrachtet, und man wird daraus den Werth von q , welcher aus den drei beobachteten Temperaturen abgeleitet ist, folgern können, denn man hat:

$$a_0 = P + Q$$

$$a_{\delta} = P + Qe^{-q\delta}$$

$$a_{2\delta} = P + Qe^{-2q\delta}$$

$$\text{also } a_0 - a_\vartheta = Q(1 - e^{-q\vartheta})$$

$$a_\vartheta - a_{2\vartheta} = Qe^{-q\vartheta}(1 - e^{-q\vartheta})$$

$$+ q \frac{a_0 - a_\vartheta}{a}$$

$$\text{und } e = \frac{a_\vartheta - a_{2\vartheta}}{a_0 - a_\vartheta}$$

$$\text{also } q = \frac{1}{\vartheta} \left\{ \log. (a - a_\vartheta) - \log. (a_\vartheta - a_{2\vartheta}) \right\}$$

Daraus folgt, daß man den Werth von q oder

$$\frac{hb}{c} + \frac{Hs}{c}$$

durch folgende Regel erfahren wird: man muß die drei Temperaturen a_0 , a_ϑ , $a_{2\vartheta}$ beobachten, die hyperbolischen Logarithmen von $a_0 - a_\vartheta$ und $a_\vartheta - a_{2\vartheta}$ nehmen und die Differenz dieser Logarithmen durch die Zwischenzeit ϑ dividiren.

Wenn man den Versuch mit einer gewissen dazwischen gelegten Substanz, welcher der Coëfficient h zukommt, gemacht hat und mit demselben Instrument mit einer anderen Substanz, welcher ein anderer Coëfficient h' entspricht, den Versuch wiederholt, und das Resultat mit dem ersteren vergleichen will, so bestimmt man durch die so eben angeführte Regel, indem man bloß die Logarithmen der Tabellen anwendet, die den unbekanntem Coëfficienten

$$\frac{hb}{c} + \frac{Hs}{c}$$

entsprechenden Größen.

Die Größen $Hsbc$ sind gemeinschaftlich, und die beiden Resultate werden sich nur durch die Coëfficienten h und h' unterscheiden. Prüft man also nach einander mehrere verschiedene Substanzen, welche man in Hinsicht ihrer Leitungsfähigkeit vergleichen will, und berechnet mittelst der vorgehenden Regel die respectiven Zahlen, welche man durch die mit demselben Instrument gemachten Beobachtungen erhält, so wird man nicht die absoluten Werthe der Coëfficienten h , h' , h'' u. s. w., sondern eine Zahlenfolge kennen, deren Zunahme der Zunahme der Werthe h , h' , h'' u. s. w. proportional ist. So können durch dieses Verfahren die verschiedenen Substanzen nach ihrer eigenthümlichen Leitungsfähigkeit aneinander gereiht werden, was diese Untersuchung bezweckt, und wenn die Leitungsfähigkeiten der Substanzen, welche man vergleicht, in gleichem Grade zunehmen, so werden die durch die Beobachtung gegebenen Zahlen auch in gleichem Grade wachsen. Man braucht also nur aus einer sehr großen Anzahl von Beobachtungen die gleich weit abstehenden Resultate zu wählen, um versichert zu sein, daß die Leitungsfähigkeiten der Substanzen, welchen diese Zahlen entsprechen, auch nach demselben Gesetze wachsen. Es ist zu bemerken, daß der Coëfficient h nicht die Wärmemenge ausdrückt, welche das dünne Blatt oder die dazwischengelegte Hülse durchstreicht; er begreift auch die Wärmemenge in sich, welche die biegsame Oberfläche durchdringt, die unter dem Quecksilber des Fagelförmigen Gefäßes angebracht ist. Wenn nun aber eine solche Größe zu allen Werthen, welche man vergleichen will, hinzu addirt wird, so ändert sie an den

Folgerungen, welche man daraus herleitet, nichts. So wird die Zunahme der Zahlen, welche man durch die logarithmische Regel erhalten hat, beständig der Zunahme der gesuchten Coëfficienten proportional sein.

Nun wollen wir den Fall betrachten, wo die Temperatur der Stütze der Temperatur der Luft gleich wäre, welcher die Verfahrungsweisen einfacher machen und ihre Anwendung erleichtern würde. Wenn man bei dem vorhergehenden Werthe von $P, m = n$ macht, findet man $P = m$. Offenbar muß in diesem Falle die endliche Temperatur des Gefäßes diejenige der Luft sein. Wenn man also t in der Gleichung (2) als unendlich groß annimmt, so findet man $a = m$. In der That wird dieses stattfinden, wenn $P = m$. Die veränd-

berliche Temperatur a ist also $m + Qe^{-\vartheta t}$. Beobachtet man daher zwei auf einander folgende Temperaturen, so wird man den Exponenten-Coëfficient Q bestimmen können. Man wird haben $a = m + Qe^{-\vartheta t}$ und wenn man für Q seinen Werth $a - m$ setzt:

$$a = m + \frac{a - m e^{-\vartheta \varphi}}{1 - e^{-\vartheta \varphi}} \quad \text{oder} \quad a - m = \frac{a - m e^{-\vartheta \varphi}}{1 - e^{-\vartheta \varphi}}$$

$$\text{also } \vartheta = \frac{1}{\varphi} \left[\log. (a - m) - \log. (a - m e^{-\vartheta \varphi}) \right]$$

Man braucht also nur a zu beobachten und durch den Zeitraum ϑ die Differenz der Logarithmen der Tabellen von $a - m$ und $a - m e^{-\vartheta \varphi}$ zu dividiren; der Quotient ist dem Werthe von Q proportional, welcher ist

$$\frac{Hs}{c} + \frac{hb}{c}.$$

Uebrigens ist der Gebrauch des von mir beschriebenen Berührungsthermometers unvermeidlichen Abweichungen unterworfen, welche ohne Zweifel merkliche Differenzen zwischen der Theorie und der Beobachtung herbeiführen könnten. Die Stütze behält keine ganz beständige Temperatur bei; die in dem Gefäße enthaltene Masse, welche sich erkaltet, ist nicht genau in dem Zustande, welchen die Theorie voraussetzt. Diese Ursachen, und andere, welche nicht erst angeführt zu werden brauchen, müssen, wie ich glaube, in den Resultaten Differenzen herbeiführen, welche den aufmerksamsten Beobachtungen entgingen. In allen Fällen aber würden die annähernden Resultate, welche man beim Gebrauche dieses Instrumentes erhält, hinreichen, um die verschiedenen Umschläge oder dünne Blättchen, welche man vergleichen will, nach ihrer Leitungsfähigkeit an einander zu reihen, was der Hauptzweck dieser Untersuchungen ist. Man hat besonders die Leichtigkeit und Mannichfaltigkeit der Beobachtungen zu berücksichtigen. Man wird für die erste Temperatur $a - m$ einen gemeinschaftlichen

Werth, 40 Centesimalgrade; und für ϑ eine bestimmte Dauer, zehn Minuten wählen; man wird die Temperatur $a - m$ beobachten, welche das Thermometer nach Verlauf von zehn Minuten anzeigt. Diese Werthe von $a - m$, welche nach der Temperatur der Substanzen, welche die Wärme durchbringt, ver-

schieben ausfallen werden, werden geradezu und ohne Berechnung die Reihe der specifischen Leitungsfähigkeiten angeben.

Offenbar hat die Dicke der dazwischen gelegten Platte auf die Temperaturen, welche man beobachtet, Einfluß, und man könnte diese Dicke in Rechnung bringen, wenn man die Grundsätze, welche ich in meiner Introduction à la Théorie de la chaleur auseinandergesetzt habe, befolgen würde; man betrachtet aber hier nur die vollständige und zusammengesetzte Wirkung, nämlich die Wärmemenge, welche, wenn sie die dazwischen liegenden Oberflächen durchdringt, von dem Quecksilber in die Stütze geht.

Wenn man das Blatt oder die Hülse, welche man zuerst geprüft hat, durch einen dünnen Körper aus einer andern Materie ersetzt, und neuerdings die einer gegebenen Zeit entsprechende Temperatur-Erniedrigung mißt, so findet man, daß letztere auf eine sehr merkliche Art wechselt, wie klein auch der Unterschied zwischen den beiden Hülfen sein mag. Es ist z. B. hinreichend, zu einem vorigen dünnen Blättchen bloß ein Blatt von ganz feinem Papier hinzuzufügen, um einen merklichen Unterschied in der Erniedrigung der Temperatur zu finden. Der geringste Unterschied in der Qualität des dazwischen gelegten dünnen Körpers zeigt sich durch die Veränderung, welche in dieser Erniedrigung der Temperatur stattfindet, und diese Erniedrigung ist verhältnißmäßig sehr beträchtlich, wenn die Art der Substanz sehr verschieden wird; wenn man z. B. einen Stoff aus Leinwand durch Flanell oder Tuch oder auch nur ein dünnes Tuch durch ein sehr dickes ersetzt: diese Unterschiede waren leicht vorauszusehen, weil sie uns schon durch das Zeugniß unserer Sinne angezeigt werden; das Instrument aber dient nicht nur dazu, sie sehr empfindlich bei dem Messen zu machen, sondern es leistet noch mehr, es gibt, was sehr wichtig ist, konstante Anzeigen, die immer wieder ebenso hervorkommen, wenn man dieselben Versuche wiederholt. Es ist zu bemerken, daß diese Beständigkeit in den Resultaten wesentlich von der Vollständigkeit der durch den Druck des Quecksilbers auf die dünne und biegsame Haut, welche es festhält, hervorgebrachten Berührung abhängt. Diese Bedingung, eine der Hauptschwierigkeiten bei der Zusammensetzung dieses neuen Instrumentes, war durchaus nöthig, wenn seine Anzeigen regelmäßig und auf eine große Anzahl von Körpern anwendbar sein sollten, denn ohne diese hätte man die verschiedenen Substanzen nicht unter einander vergleichen können, es sei denn, daß man ihnen vorläufig eine hinreichend ebene und gleichförmige Oberfläche ertheilt hätte, damit die Berührung des Instrumentes auf einer großen Anzahl von Punkten stattgefunden hätte.

Ich habe nun gezeigt, wie man mit dem neuen Berührungs-Thermometer auf eine annähernde Weise das specifische Leistungsvermögen messen kann.

Bei diesen Versuchen muß die Substanz, welche man prüfen will, als ein dünnes Blatt angewandt werden; man gibt ihr eine sehr kleine Dicke, um den Einfluß ihrer specifischen Wärme auf den Gang der Erkältung zu vermeiden.

Dasselbe Instrument dient auch, um die Berührungswärme eines Körpers anzuzeigen, und mißt gewissermaßen die Empfindung von Wärme oder Kälte, welches diese Berührung erzeugt.

Für Versuche dieser Art braucht man nur die Temperatur dieses Instrumentes auf die von mir angegebene Weise zu erhöhen, und es sodann auf eine dicke Masse der Substanz zu stellen, welche man prüfen will.

Man bemerkt die Anzahl der Grade, um welche sich die Temperatur während einer gegebenen Zeit, zum Beispiel fünf Minuten, erniedrigt.

Diese Art, das Berührungs-Thermometer anzuwenden, hat auf merk-

würdige Resultate geführt. Die Verschiedenheiten in der Erniedrigung der Temperatur sind für verschiedene Körper sehr groß.

So habe ich zum Beispiel das erhitzte Thermometer auf eine Eisenmasse von 8° gestellt; ich stellte es sodann auf eine Masse von Sandstein von gleicher Temperatur; der Unterschied in der Erkältung betrug in beiden Fällen ungefähr fünf Grade seit der zweiten Minute. Dieser Unterschied ist noch merklicher, wenn man das Eisen mit dem Ziegelstein, und noch bei weitem mehr, wenn man es mit dem Holze vergleicht.

Diese Versuche sind außerordentlich leicht: es ist nur nöthig, daß die Massen, auf welche man das Thermometer setzt, dieselbe Temperatur haben.

Die bei dieser Art von Versuchen hervorgebrachte Wirkung ist sehr verwirkelt, und um sie genau auszudrücken, müßte man alle Umstände, welche sie modificiren, berücksichtigen. Man könnte sich jedesmal, so oft man diese Art Körper, deren specifische Wärme man kennt, behandeln würde, eine hinreichend genaue Kenntniß ihrer eigenthümlichen Leitungsfähigkeit verschaffen.

Der Gebrauch des Berührungs-Thermometers gibt im Allgemeinen nur annähernde Werthe ihrer Leitungsfähigkeit; es gibt aber eine sehr große Anzahl von Körpern, wie z. B. die Ziegel, Steine, das Holz und die Zeug, wofür diese Masse hinreichend sind.

Wir haben bemerkt, daß man noch ein anderes Instrument anwenden kann, um die Leitungsfähigkeit zu messen. Diese zweite Art zu experimentiren, macht die Wirkungen noch merklicher; sie erfordert aber viel mehr Sorgfalt. Anfangs hoffte ich, daß es mir möglich sein würde, einige dieser letzteren Beobachtungen in Gegenwart der Akademie zu wiederholen; aber die außerordentliche Schwierigkeit, sie in einer veränderlichen und bewegten Atmosphäre anzustellen, nöthigt mich, darauf zu verzichten; ich beschränke mich darauf, das Princip und einige Resultate anzugeben.

Dieser Versuch besteht darin, daß man, nicht wie bei dem ersteren, die auf einander folgenden Erniedrigungen der Temperatur eines Körpers, welchen man zuerst erhitzt hat, beobachtet, sondern die endliche und beständige Temperatur, welche die Wärme hervorbringt, wenn sie verschiedene Körper durchdringt.

Ich habe mir vorgenommen, diesen endlichen Zustand hervorzubringen, um daraus das Maß der specifischen Leitungsfähigkeiten abzuleiten, und bin bei der Einrichtung des zu diesen Versuchen erforderlichen Apparates, durch einen sehr geschickten Physiker unterstützt worden, nämlich den Hrn. Colladon aus Genf, dessen Arbeiten die Akademie schon gekrönt hat, und der mit Hrn. Sturm den im letzten Jahre für die mathematische Physik ausgeschriebenen Preis gewann. Er war nicht nur so gütig, die Verfertigung des Instrumentes zu leiten und seine Dimensionen zu bestimmen, sondern er hat daran auch eine besondere Einrichtung angebracht, welche ihm eigenthümlich ist. Sie besteht darin, ein Quecksilberkissen dazwischen zu bringen, welches die Berührung der Stütze mit allen Punkten der Hülse bestimmt.

Diese Methode, einen endlichen Zustand des Gleichgewichts hervorzubringen, hat den Vortheil, Resultate zu geben, welche nicht von der specifischen Wärme der dazwischen gelegten Substanz abhängen. Man bringt diese Substanz oder Hülse zwischen zwei Gefäße, wovon das eine untere A beständig auf der Temperatur von 100° (Cesf.) erhalten wird, während das obere auf die Hülse gesetzte Gefäß B auf der Temperatur des schmelzenden Eises erhalten wird.

Die Leitungsfähigkeit der Einkleidung bestimmt die Wärmemenge, welche

aus dem Gefäße A in das Gefäß B geht; auf dem Boden des oberen Gefäßes B ist ein sehr empfindliches Luftthermometer, welches die hervorgebrachte Wirkung mißt. Diese Luft, welche sich erhitzt, ist in dem metallischen Gehäuse $c c' c'$ enthalten, dessen unterer Theil $c c$ in Berührung mit dem 100° heißen Quecksilberkissen ist, während der andere Theil $c' c'$ in Berührung mit dem schmelzenden Eise ist.

Da nun die in dem Gehäuse enthaltene Luft einerseits der Einwirkung des Eises und andererseits derjenigen eines auf 100° erhitzten Körpers ausgesetzt ist, so nimmt sie eine fixe mittlere Temperatur an. Der gefärbte Index o des Luftthermometers bleibt stehen, wenn die Wärmemenge, welche in das Thermometer durch die Hülse dringt, genau derjenigen gleich ist, welche es dem Eise mittheilt. Dieses Gleichgewicht bildet sich in einigen Secunden; es ist der endliche Zustand, um dessen Beobachtung es sich handelte.

Die von dem Luftthermometer angezeigte fixe Temperatur hängt offenbar von der Temperatur der dazwischen gelegten Substanz ab. Wenn dieser dünne Körper der freien Mittheilung der Wärme sehr wenige Hindernisse in den Weg legt, so ist die endliche Temperatur des Luftthermometers viel größer, als wenn die Wärme nur sehr schwer die dazwischen gelegte Hülse durchdringt. In allen Fällen findet ein sehr einfaches Verhältniß zwischen der erlangten Temperatur und der Leitungsfähigkeit des dazwischen gelegten Körpers Statt. Um dieses Verhältniß auszudrücken, bezeichnen wir wie bei den vorhergehenden Versuchen durch h die Wärmemenge, welche während der Zeit 1 von der Masse der Stütze in das Innere des Luftthermometers durch die Einheit der Oberfläche der Hülse dringen würde, wenn die Differenz zwischen der Temperatur der Luft und des Eises 1 wäre; und durch H die Wärme, welche während der Zeit = Einheit die Einheit der Oberfläche durchdringen würde, indem sie von der oberen Oberfläche $c' c'$ des Luftthermometers in die darunter befindliche Eismasse gehen würde, wenn die Differenz zwischen der Temperatur der Luft und des Eises 1 wäre,

$$h b M - a d t \text{ und } H S a - N d t$$

sind also einer- und andererseits die Wärmemengen, welche während des Augenblicks $d t$ aus der Stütze in die Luft durch die Oberfläche b der Hülse ausfließen oder von der Luft in das Eis durch den Umfang S der oberen Oberfläche der Thermometer-Capacität hindurchgehen. (Um den Ausdruck allgemeiner zu machen, bezeichnet man durch M die fixe Temperatur der Stütze, und durch N die fixe Temperatur der kalten Masse, in welche die Wärme ausfließt.) Nun ist aber das Gleichgewicht hergestellt, sobald die von der Stütze mitgetheilte Wärme genau die Wärme ausgleicht, welche die Capacität des Thermometers dem Eise mittheilt; man hat also diese Gleichung

$$h b M - a = H S a - N, \text{ und das Verhältniß}$$

$$\frac{b h}{H s} + \frac{a - H}{M a},$$

Es wird also hinreichend sein, a zu messen, um das Verhältniß $\frac{H}{h}$ der beiden relativen Leitungsfähigkeiten h und H , nämlich die gegenseitige Leichtigkeit des Ueberganges der Wärme von der Stütze in die Capacität des Thermometers, oder von dieser Capacität in die umgebende Masse zu kennen. Das Verhältniß $\frac{b}{a}$ muß als bekannt betrachtet werden; es verändert sich nicht, wenn man die

erste Hülse, welcher der Coëfficient h zukommt, durch eine zweite Hülse ersetzt, welcher ein anderer Coëfficient h zukommt. Ebenso verhält es sich mit dem Coëfficient H , welcher sich gleich bleibt. Wenn man verschiedene Körper mit demselben Instrument prüft, wird die Temperatur a durch das Luftthermometer gemessen, welches auf verschiedene Art eingerichtet sein kann. Ich gebe hier nicht die auf dieses Thermometer sich beziehende Berechnung, weil diese Berechnung, welche übrigens mit gar keiner Schwierigkeit verbunden ist, nach der gewöhnlichen Construction desselben verschieden ist; in allen Fällen, glaube ich, hat man dieses Instrument so eingerichtet, daß es sehr empfindlich wird, und die Bedingungen genau untersucht, welche die Stellung des Index bestimmen. Was die respectiven Werthe betrifft, die man M und N beilegen kann, und welche wir Anfangs zu 1 und 0 angenommen haben, so haben wir durch wiederholte Versuche gefunden, daß die Beobachtungen leichter und die Resultate beständiger werden, wenn die Zahlen M und N weniger differiren, zum Beispiel, wenn man $M = \frac{4}{5}$ (80 Centesimalgrade) und $N = \frac{3}{20}$ (15 Centf. Grade) macht.

Wenn man nach und nach dasselbe Verfahren mit dünnen Körpern verschiedener Natur wiederholt, wird man verschiedene Resultate erhalten, je nach der Natur der Substanzen, welche die Wärme durchdringt. Die Erfahrung hat uns in der That gelehrt, daß diese Verschiedenheiten außerordentlich groß sind. Wenn man nur ein einfaches Blatt Briefpapier, von dem dünnsten, welches man erhalten kann, noch hinzufügt, bringt es in der Stellung des Index einen Unterschied von 20 Linien hervor. Fügt man zu dem ersten Blatt noch ein zweites von demselben Papier, so verrückt man den Index noch um 25 Linien mehr. Diese Verrückung, welche, wie bereits bemerkt wurde, in einigen Secunden geschieht, wird sehr groß, wenn die dazwischen gelegte Substanz schwer von der Wärme durchdringlich ist; sie beträgt für gewisse Substanzen mehr als 100 Linien.

Wir haben sowohl mit dem einen als mit dem andern Instrument eine sehr große Anzahl verschiedener Substanzen geprüft, nämlich alle wichtigeren Arten von Geweben, Häuten, Pelzfuttern, oder von Substanzen, wie das Glas, der Glimmer, die Blätter verschiedener Metalle und die Resultate für jede Substanz, je nach ihrem Gefüge oder ihrer besonderen Natur, verschieden gefunden.

Wenn man die mittelst dieses letztern Instrumentes (welches man Berührungsthermoskop (thermoscope de contact) nennen kann) erhaltenen Resultate mit denjenigen vergleicht, welche man mit dem zuerst beschriebenen Instrument erhält, so bemerkt man, daß die durch das Thermoskop so merklich gemachten Unterschiede auch bemerkbar werden, wenn man die allmähliche Erkaltung des Berührungsthermometers beobachtet; nur werden mit dem ersteren Instrumente die Unterschiede nach der Zeit gemessen, und man kann sie so auf eine eben so bequeme als genaue Weise bestimmen, wie vermittelst des zweiten Apparates; die Resultate sind weniger auffallend, aber auch beständiger, und da dieses zweite Thermometer außerordentlich einfach construirt und leicht zu handhaben ist, so eignet es sich sehr für den allgemeinen Gebrauch.

Dieses Instrument kann zu einer Menge interessanter oder nützlicher Untersuchungen dienen; es zeigt natürliche Eigenschaften an, die man durch den Gebrauch der Sinne allein nicht hätte entdecken können: so hat es mir zum Beispiel gebient, um die Richtigkeit einer Thatfache zu erweisen, die mir schon lange

wahrscheinlich war: daß nämlich die Wärmemenge, welche durch mehre auf einander gelegte dünne Körper streicht, nach der Reihe, in welcher man dieselben auf einander legt, verschieden ist; so habe ich folgenden Versuch angestellt: ich habe das Berührungsthermometer auf die marmorne Stütze gestellt, wovon es durch zwei Luchscheiben getrennt war; die Wärme mußte also durchdringen: Haut, Tuch, Tuch, Marmor. Nachdem ich die allmähliche Erkältung beobachtet hatte, legte ich eine Kupferscheibe von der Dicke eines dünnen Blattes Papier auf den Marmor unter die beiden Luchscheiben; die Erkältung des Thermometers innerhalb einer gegebenen Zeit war geringer, als bei dem vorhergehenden Versuche; das Kupferblatt wurde sodann zwischen die beiden Luchscheiben gelegt; die Erkältung war in derselben Zeit gerade so groß, als wenn man, wie bei dem ersten Versuche, das Kupferblatt weggelassen hätte.

Endlich legte ich die Kupferscheibe auf die Luchscheiben unmittelbar unter die Haut des Berührungsthermometers: in diesem Falle durchdrang die Wärme die Hülsen in folgender Ordnung: Haut, dünnes Kupfer, Tuch, Tuch, Marmor. Das Thermometer fiel tiefer, als wenn man die Kupferscheibe weggelassen hätte. So erleichtert dieses Kupferblatt, wenn es dazwischen gelegt wird, die Fortpflanzung der Wärme der Haut zu dem Tuch, und vermindert die Fortpflanzung der Wärme des Tuches zu dem Marmor. Dieses sind die Wirkungen, welche man während der zehn ersten Minuten beobachtet; Resultate, welche nicht einem gleichen Zeitraum entsprechen, darf man nicht mit einander vergleichen.

Ich werde nicht noch mehre von den neuen Versuchen anführen, welche mit diesen Instrumenten angestellt worden sind. Das Berührungsthermometer muß als eine mit ihrem Thermometer versehene Hand betrachtet werden. Diese Versuche können die mathematische Theorie der Wärme nicht bereichern; aber es verdient alles, was sich auf die technischen Künste und den allgemeinen Nutzen bezieht, die Aufmerksamkeit der Akademie. Obige Beobachtungen sind in wissenschaftlicher Hinsicht eben so interessant als diejenigen, welche zur Bestimmung der specifischen Wärme verschiedener Körper dienen: sie machen uns genauer mit solchen physischen Eigenschaften bekannt, welche die Sinne zwar anzeigen, die sie aber nicht messen: der Zweck der Instrumente ist überhaupt auch dieser, daß sie unser intellectuelles Vermögen durch die Vervollkommnung unserer Sinne verstärken sollen.

Die Theorie der Wärme, in dieser Hinsicht den dynamischen Theorien vergleichbar, ist eben so gut auf das Weltsystem als auf die gewöhnlichsten Verrichtungen des Lebens anwendbar; die Theorie hat uns unter anderem mit der endlichen Wirkung bekannt gemacht, welche das Strahlen der Fixsterne hervorbringt. Sie hat uns gelehrt, daß die Temperatur des Raumes, welchen unser Planetensystem einnimmt, sehr nahe 40 Grade Reaumur'sche Grade kälter, als die Temperatur des schmelzenden Eises ist. Dieselbe Theorie dient auch, um die erwärmende Kraft verschiedener Kleider, Decken, Gewebe zu messen und gestattet uns, noch unbekannt natürliche Eigenschaften der Körper zu entdecken.

Ich will nun demjenigen, was ich über diese neuen Versuche über die Leitungsfähigkeit dünner Körper gesagt habe, noch eine theoretische Bemerkung über die Beobachtungen beifügen, welche dazu dienen können, um die Eigenschaften der Körper zu messen.

Wenn die Substanzen, welche man prüfen will, sehr gute Wärmeleiter sind, wie zum Beispiel die Metalle, bestimmt man ihr Leitungsvermögen auf die Art, daß man die fixen Temperaturen einer prismatischen Stange beobachtet, deren Ende auf einer ziemlich gleichen Temperatur erhalten wird. Der Versuch hat

gezeigt, daß dieser endliche Zustand demjenigen entspricht, welchen die Theorie ergibt. Die beobachteten Temperaturen bilden in der That eine abnehmende Reihe, woraus man den numerischen Werth der Leitungskraft abgeleitet hat; man kann aber diesen Ausdruck nicht auch auf solche Körper, deren Leitungskraft sehr schwach ist, wie bei dem Marmor, oder auf die Metalle anwenden, welche die Wärme leicht durchdringt. Der Grund dieses Unterschiedes ist dieser: in den Körpern, welche die Wärme schlecht leiten, erlangen und erhalten die Molecule, welche auf demselben auf der Achse des Prismas senkrechten Durchschnitt liegen, beständige, ungleiche Temperaturen, welche sich schnell von der Achse bis zur äußern Oberfläche vermindern; in den Körpern aber, welche bessere Wärmeleiter sind, wie das Gold, Platin, Kupfer, nehmen alle Punkte desselben senkrechten Durchschnittes auf die Achse, ziemlich dieselbe Temperatur an. Die Thatsache ist leicht zu begreifen, man könnte sie vorläufig als bekannt annehmen; die analytische Theorie erklärt sie aber auch vollkommen, wie es der allgemeine Ausdruck zeigt, den ich schon früher für die gleichmäßige Bewegung der Wärme in einem rechtwinklichen Prisma von beliebiger Dicke aufgestellt habe; denn dieselbe Auflösung lehrt, daß wenn die eigenthümliche Leitungsfähigkeit sehr schwach, oder die Dicke der Stange sehr groß ist, die Punkte von demselben normalen Durchschnittes sehr verschiedene Temperaturen haben. In diesem Falle enthält der Ausdruck der Temperatur nicht nur die Entfernung von dem Ursprung, sondern auch die Coordinaten jedes Punktes des Durchschnittes.

Man müßte also von dieser Formel Gebrauch machen, um die spezifische Leitungsfähigkeit derjenigen Körper zu bestimmen, welche diese Eigenschaft nur in geringem Grade haben. Die Formel, welche man in den Fällen, wovon es sich hier handelt, gebrauchen muß, ist die auf S. 406. meiner *Théorie de la chaleur*, und nicht die auf S. 65. desselben Werkes. Der bemerkte Unterschied geht ausdrücklich aus der allgemeinen Auflösung hervor. Man braucht nur der Größe γ den Werth 0 in der Formel von v (S. 400) zu geben, und in Beziehung auf z zwischen den Grenzen -1 und $+1$ zu integrieren, um einen der mittleren Temperatur proportionalen Werth zu finden.

Man muß vorzüglich die Gleichung $\text{tang. } s = \frac{hl}{k}$ und die Construction, wodurch man die Wurzeln dieser höhern Gleichung erfährt, berücksichtigen. Man sieht, daß der Werth der Temperatur das Produkt $\frac{hl}{k}$ enthält, so daß, wenn die eigenthümliche Leitungsfähigkeit k als sehr schwach angenommen wird, dieser Fall sich nicht von demjenigen unterscheidet, wo die halbe Dicke des Prismas sehr groß ist; daraus folgt, daß wenn man den Coëfficient k , das Maß der Durchdringbarkeit, als sehr klein annimmt, die Temperaturen nicht wie die Glieder einer abnehmenden Reihe abnehmen, was nur bei einer unendlich großen Entfernung von dem Anfang (Ursprung der Wärme) stattfinden würde; die Temperaturen fallen Anfangs sehr schnell von dem Ursprung angefangen. Man sieht aus der, Seite 410 des angeführten Werkes gegebenen numerischen Berechnung, daß man sich nur von dem Anfange der Hälfte der Dicke der Stange zu entfernen braucht, damit die Temperatur des ersten Punktes sich auf $\frac{1}{2}$ ihres Werthes reducirt. Alle Beobachtungen stimmen mit den so eben angeführten theoretischen Resultaten überein; sie zeigen, daß wenn die eigenthümliche Leitungsfähigkeit sehr groß ist, die beobachteten Temperaturen abnehmen, wie die Glieder einer abnehmenden Reihe; wenn aber bei solchen Körpern, deren Leitungsvermögen sehr gering ist,

der Versuch Werthe gäbe, welche durch eine Exponentenreihe vorgestellt werden können, dann würde die Beobachtung nicht mit der Theorie übereinstimmen; in diesem Falle hat der Ausdruck eine solche Form, daß man die untergeordneten Glieder nicht mehr vernachlässigen kann. Uebrigens sind in eben diesem Falle die beobachteten Temperaturen zu gering, als daß man daraus das Leitungsvermögen mit Genauigkeit ableiten könnte. Die Verfahrensweisen, welche eine genaue Theorie als die am meisten geeigneten bezeichnet, um das Leitungsvermögen solcher Körper zu messen, welche diese Eigenschaft nur in geringem Grade besitzen, unterscheiden sich sehr von denjenigen, welche für die metallischen Substanzen anwendbar sind; sie würden darin bestehen, die entweder gleichförmige oder veränderliche Bewegung der Wärme in Gefäßen aus verschiedenen Substanzen zu beobachten, deren Dicke man verschieden abändern müßte. Diese analytische Untersuchung steht in Beziehung mit derjenigen, welche ich vor einigen Jahren in einem Mémoire über die Temperatur der Wohnungen abhandelte.

Beschreibung der beiden Instrumente, welche in der Abhandlung des Hrn. Fourier angeführt wurden.

Fig. 75. Durchschnitt des Berührungs-Thermometers.

AA kegelförmiges Gefäß aus sehr dünnem Eisen, mit Quecksilber beinahe voll gefüllt; eine Rinne gg um den untern Rand, dient zum Festbinden der Hülle, die das Quecksilber enthält; oben im Kelch ist eine Oeffnung mit einer kurzen Röhre aa von 7 — 8 Linien im Durchmesser.

II ist ein Korkpfropfen, der in diese Röhre paßt. Er dient zur Befestigung des Thermometers cc in dem Gefäße, und hilft dasselbe in gehöriger Höhe erhalten.

Die Kugel des Thermometers c muß einige Linien über der Basis des Kegels, und ganz in das Quecksilber des Gefäßes eingesenkt sein.

Die Hülle bbb muß eine geschmeidige, weiche, dünne Haut sein. Die oben erwähnten Versuche überzeugten uns, daß diese Haut sehr gut dazu taugt, weil die Haut die Wärme besser, als jeder andere Stoff von gleicher Dichtigkeit leitet.

Man muß dafür sorgen, daß diese Haut nicht schmutzig ist und nicht zu sehr erhitzt wird.

Wenn man sich dieses höchst einfachen Werkzeuges bedienen will, verfährt man auf folgende Weise.

Nachdem der Körper, oder das dünne Plättchen, mit welchem man den Versuch anstellen will, auf einen marmornen Untersatz von der Temperatur des Zimmers, in welchem man arbeitet, gestellt wurde, erhitzt man das kegelförmige Gefäß, indem man dasselbe auf ein Deschen oder auf irgend einen anderen erhitzten Körper stellt, und wartet, bis die Temperatur sich auf 46 oder 47° gehoben hat. In dem Augenblicke, wo das Thermometer 45° weiset, stellt man dasselbe auf die Hülle, und beobachtet mittelst einer Uhr den Augenblick, wo es auf 40° sinkt, und bemerkt von Minute zu Minute den Gang bis zur fünften.

Wenn man den Versuch mit demselben Körper wiederholt, und die Stelle desselben auf dem Marmor wechselt, erhält man immer dasselbe Resultat, wenn anders die Temperatur des Zimmers dieselbe blieb.

Wenn man sich dieses Instrumentes bedienen wollte, um genaue Versuche über die Leitungskraft steifer Plättchen anzustellen, müßte man diese nicht auf eine marmorne Unterlage stellen, wo die Berührung nicht vollkommen wäre, sondern auf ein ähnliches Quecksilberkissen, wie jenes im folgenden Apparat.

Fig. 76. Durchschnitt des zweiten Apparates, oder des Berührungsthermoskopes.

A würfelförmiges Gefäß aus dünnem Kupfer; es ist oben geschlossen und ganz mit Wasser voll gefüllt. Das Wasser wird mittelst eines Trichters e voll gefüllt. Der Hahn r dient zur Leerung des Gefäßes.

Auf dem Deckel ist eine kreisförmige Kapsel v v v aus dünnem Bleche aufgelöthet, welche ein kleines erwärmtes Quecksilberbad enthält. Dieses Quecksilber dient statt des Rissens mittelst der Hüllenhaut b b b, die es ganz und gar bedeckt. Man bindet diese Hülle rings um die Kapsel, und der Ring, dessen Durchschnitt man in aa sieht, hält ihn gespannt. Das Quecksilber, das gegen diese Hüllenhaut drückt, gibt ihr ganz die Gestalt eines convexen Rissens.

Man bringt das Quecksilber in die Kapsel, und hebt es aus derselben mittelst eines Räßchens g und einer an der Seite angebrachten eisernen Röhre gg. Die Höhe des Quecksilbers in dem Räßchen bestimmt die Spannung des Rissens.

Unter dem Gefäße A ist eine kleine Lampe, die das Wasser in einer bestimmten Temperatur erhält, z. B. auf 100 oder auf 60°. Das innere Thermometer i dient zur Anzeige der Temperatur, folglich auch zur Anzeige der Temperatur des Quecksilberbades.

B ist das obere Gefäß, welches Eis, oder noch besser, Wasser von einer bestimmten bleibenden Temperatur enthält, die wenig über jenes des Zimmers, in welchem man arbeitet, erhoben ist. Das kleine Thermometer i zeigt die Temperatur dieses Wassers an.

Im Grunde des Gefäßes B befindet sich eine metallene Höhle, die man bei c c c' c' im Durchschnitte sieht. Dies ist die Kugel des anzeigenden Thermoskopes. Die obere Hälfte c' c' springt am Boden des Gefäßes B vor, und ist mit dem Eise oder mit dem kalten Wasser in Berührung; die untere Hälfte ruht auf dem erwärmten Quecksilberkissen.

Die gekrümmte Röhre t t' t', die mit dieser Höhlung in Verbindung steht, macht die Ausdehnung der Luft sichtbar, welche in dieser Höhlung enthalten ist.

Zu diesem Ende ist der obere Theil dieser Röhre t t' mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt, die sich senkt, wenn die Luft in der Höhlung sich erhitzt und sich ausdehnt. Um den Versuch anzustellen, hebt man das obere Gefäß B ab, legt auf das Rissen eine Scheibe aus dem Körper, den man prüfen will, und setzt das obere Gefäß wieder auf. Die untere Oberfläche c c' des Luftraumes ist von dem Rissen mittelst des Körpers abgeschieden und erhält weniger Wärme, und folglich nimmt die darin enthaltene Luft eine mittlere oder weniger hohe Temperatur an. Der Zeiger o bleibt auf einem höheren Punkte.

Da dieser Apparat sehr schnell und deutlich zeigt, so kann er auch bei öffentlichen Versuchen dienen.

§. 18. Ueber Hrn. Buntens' Barometer

erstattete Hr. Arago in der Sitzung der Akademie am 14. April einen sehr vortheilhaften Bericht, in welchem er endlich gestand, daß Gay-Lussacs' berühmtes Barometer durchaus nicht tragbar ist. Wenn Hr. Arago mit Buntens' Barometer in der Hand auf einem Polacken reiten, oder dasselbe neben sich hin auf eine Britschka legen müßte, so würde er vielleicht von Buntens' Barometer sagen, daß es nicht fahrbar und nicht reitbar ist. Das Barometer, welches Dr. Schultes in des verstorb. Gehlen Journal für Chemie beschrieben und abgebildet hat, ist aber, wie wir aus 20jähriger Erfahrung versichern können, reitbar, fahrbar und tragbar. Es ist das einfachste und genaueste und wohlfeilste Barometer, das man haben kann.

§. 19. Gläserne Springbrunnen.

(Hierzu Fig. 77. und 78.)

Hr. W. Babely d. jüng. beschreibt a. a. D. ein Spielwerk, womit die Krämer zu London jetzt die Fenster ihrer Kramläden schmücken, und das müßige Publikum zum Stehenbleiben, Gaffen, Eintreten und Näheranschauen, und zum Einkaufen locken. Dieses Spielwerk beruht auf einer optischen Täuschung, in welcher Glas einen Wasserstrahl darstellt, der bald aus dem Munde eines Löwen, bald über Felsen, bald aus der Urne eines Flußgottes unter einer Stock-Uhr herausströmt.

Diese Spielerei kann übrigens auch von einigem Nutzen werden, indem man, mittelst einer ähnlichen Vorrichtung, kleine Modelle verschiedener Maschinen, wie Mühlenwerke, Dampfmaschinen u. in Umlauf setzen, und selbst bei Kindern Geschmack an mechanischen Vorrichtungen erwecken und denselben einigen Unterricht in der ersten Jugend spielend beibringen kann.

Die meisten dieser Spielwerke werden durch eine Feder in Bewegung gesetzt, die ein Räderwerk treibt. Andere verfertigen die Räder und Triebstöcke aus Kartenpapier und Draht, nach Art der neuen papiernen Pariser Uhren, die man jetzt vor so vielen Fenstern sieht, und setzen dieselben mittelst eines Gewichtes in Bewegung. Hierzu gehört jedoch schon einige Geschicklichkeit und Uebung. Folgende Vorrichtung, die gewundene Glasstange, die durch ihre Umdrehung die optische Täuschung hervorbringt und den Wasserstrahl darstellt, in Umlauf zu setzen, scheint uns einfacher und bequemer.

Fig. 77. zeigt die Maschine von vorne, und Fig. 78. ist ein Seiten-Aufsicht. Die Triebkraft ist fein gesiebter Sand, oder vielleicht noch besser, fein gesiebte Eisenfeile, die aus einem Behälter A auf das Schaufelrad B fällt, und dieses dadurch in Umlauf setzt. Die Bewegung dieses Rades wird der Glasstange C mittelst eines abgestuzt kegelförmigen Rades auf der Achse derselben mitgetheilt. Dieses Rad ist mit seinem Handschuhleder überzogen und an der Seite des Schaufelrades befindet sich eine Scheibe oder ein Kreis von ähnlichem Leder D, an welchen das Rad der Glasstange anstößt und sich so an demselben reibt, daß, wenn das eine dieser Räder in Umlauf gesetzt wird, auch das andere durch Reibung an demselben umgetrieben wird. Der Sand fällt aus dem Behälter A durch eine viereckige Oeffnung b in demselben auf das Rad B, welche Oeffnung mittelst eines Schiebers weiter oder enger gemacht werden kann, wodurch dann die Geschwindigkeit des Rades B nach Belieben gestellt wird. Der Sand oder die Eisenfeile fällt aus dem Rade B in die Lade E unter demselben, und kann seiner Zeit aus demselben genommen und wieder in den Behälter geschüttet werden. Das beste Material zur Verfertigung des Rades B ist ein dünnes Plättchen Mahagoniholz, wie es die Galanterie-Tischler zum Einlegen brauchen. Es wirft sich nicht so leicht, wie Kartenpapier oder Patentdeckel. Das Rad kann drei Zoll im Durchmesser und ungefähr einen Zoll in der Breite halten. Der Unterschied in der Umlaufszeit zwischen dem abgestuzt kegelförmigen Rade und dem Kreise D hängt von den verschiedenen Durchmessern derselben ab. — Diese Vorrichtung wird, wie es sich von selbst versteht, mit Ausnahme der gewundenen Glasstange, dem Auge verborgen gehalten.

§. 20. Ueber die Verfertigung richtiger Aräometer. Von Dr. Fr. Körner zu Jena.

(Vergl. „Erdbmann's Journal f. technische u. ökonom. Chemie. 1829. Juli-Heft.“)

Schon längst habe ich es für ein verdienstliches Werk gehalten, dem Be-

dürfnisse einer leicht faßlichen Anleitung zur Verfertigung aller Aräometer abzu-
helfen, die sich jetzt um so mehr nöthig zu machen scheint, als bei der Zusam-
mensetzung flüssiger einfacher Bestandtheile zu pharmaceutischem Gebrauche vor-
schriftsmäßige Bestimmungen nach dem specifischen Gewichte gegeben sind, und
da die Aräometer, wenn sie richtig sind, sowohl in den Künsten, als in der ana-
lytischen Chemie mit Vortheil und Zeitersparniß gebraucht werden können. Von
der Ausführung des gefaßten Plans bin ich durch Mangel an Zeit zu literarischen
Beschäftigungen und andere hindernde Umstände abgehalten worden; verspreche
aber, sobald es mir möglich ist, denselben zur Ausführung zu bringen.

Da die ungemein nette Schmidt'sche Anleitung zur Verfertigung dieser
Instrumente nicht Jedermann verständlich sein kann, und doch einige Schwie-
rigkeiten in der Ausübung hat; da Baumgartner durch Anstrengung leicht
faßlich zu werden dunkel worden ist; da Meißner über die Art und Weise sei-
ner Verfertigung dieser Instrumente Stillschweigen beobachtet hat; und da die
Beck'schen (eigentlich die durch Ventely verbesserten Beaumé'schen) keine
ausgedehnte Skale zulassen und man von der dazu gegebenen Tabelle abhängig
ist, so habe ich zur Verfertigung dieser Instrumente eine neue Methode durch Be-
stimmung zweier festen Punkte, wie beim Thermometer aufgefunden, zwischen
welchen die einzelnen Theilungsintervalle durch Rechnung bestimmt werden.

Um die Richtigkeit der auf meine Art gefertigten Instrumente zu prüfen,
wurden Abwägungen von verschiedenen Mischungen aus Alkohol und Schwefel-
säure und Wasser unter gleichem Volum mit der größten Vorsicht gemacht, das
spec. Gewicht daraus hergeleitet und die gefertigten Aräometer in die Flüssigkeiten
eingesenkt. Sie gaben für einen geübten Beobachter das spec. Gewicht bis auf
die 4te Decimale genau, während diejenigen, die Beck zu seinem eignen Ge-
brauche gehabt, und mir von einem jungen Chemiker, der sie acquirirt hatte,
zu diesem Zweck geliehen worden waren, so wie Meißner'sche einige Differen-
zen zeigten.

Bis dahin, wo ich im Stande bin, die erwähnte Anleitung durch den Druck
bekannt zu machen, damit jeder Kunstverständige darnach sein Heil an der billi-
gen Lieferung dieser Instrumente suchen kann, können Liebhaber dieselben von
mir erhalten; wobei mir bestimmt werden muß, ob sie das spec. Gewicht (allge-
meine Aräometer) oder Procente einer Mischung (Procentaräometer) angeben,
und ob sie die gemeine, oder die von Richter vorgeschlagene und von Meiß-
ner angenommene Form haben sollen.

Der Preis eines Sazes von 6 Stück, die spec. Gewichte von 0,700 —
0,800; von 0,800 — 1,000; von 1,000 — 1,200; von 1,200 — 1,400,
von 1,400 — 1,600, und von 1,600 — 1,850 umfassend, nebst Etuis, be-
stimme ich zu 8 Thlr. Mit beigelegtem Procentenalkoholometer zu 9 Thlr.
Mit dazu gefügtem Thermometer, die Skale auf die Thermometerrohre selbst
eingetheilt, zu 12 Thlr.

Alkoholometer nach Richter im Futteral	1 Thlr.
— nach Tralles	1 Thlr. 8 Gr.
Jedes einzelne Stück, das spec. Gewicht, von 200 zu 200, oder auch die Procente der Vermischungen aus Ammoniak, Kali, Natron, Kochsalz, Essig-, Salpeter-, Salz- und Schwefelsäure und Wasser angehend, zu	1 Thlr.
Thermometer mit freistehender Kugel auf Holz	— 20 Gr.
Deegleichen im Kästchen, die Skale mit Charnier zum Zurück- schlagen	1 Thlr. 12 Gr.

Desgleichen auf Messing getheilt 3 Thlr. 6 Gr.
 Desgl. die Skale auf die Thermometerrohre selbst getheilt
 oder in einen Cylinder eingeschlossen 3 Thlr. 6 Gr.
 Jena, den 1sten Juli 1829.

Dr. Fr. Körner.

Alle obige Preise sind so gestellt, daß die Verpackung noch extra vergütet werden muß.

§. 21. Neue Art, Thermometer aufzuhängen. Von W. Mageough.

(Hierzu Fig. 79. bis 81.)

Es sei AB (Fig. 79.) ein mit Quecksilber gefülltes Thermometer-Rohr, an welchem der Gefrier- und der Siedepunkt bemerkbar ist. C sei dessen Schwerpunkt, wenn das Quecksilber auf dem Gefrierpunkte steht, und e der Schwerpunkt, wenn es bis zum Siedepunkte gestiegen ist. S sei die Stelle einer quer auf dem Rohre befestigten Achse, welche in zwei Haken oder Ringen ruht, wie in der Zeichnung einer am Ende des Drahtes PS vorgestellt ist. Man nehme an, daß der Punkt S sich in einer Linie befinde, welche von dem Punkte c senkrecht auf das Rohr errichtet wird. Es ist dann klar, daß, wenn das Quecksilber auf den Siedepunkt steigt, und sein Schwerpunkt nach c kommt, dieser Punkt sich in eine durch S gehende Vertikallinie begeben, das Rohr mithin die horizontale Lage annehmen muß, wie es in der Zeichnung vorgestellt ist. Dagegen, wenn das Quecksilber auf den Eispunkt fällt, so gelangt der Schwerpunkt des Thermometers nach C, welcher Punkt nun so lange sinkt, bis er vertikal unter S steht; so daß das Rohr die Lage A'B' annimmt, und der Bogen AA', durch welchen das Ende A sich bewegt hat, gleich 90 Grad, weniger dem Winkel cCS wird.

Wenn der Bogen AA' und das Rohr des Thermometers graduir sind, so kann man die entsprechenden Theile beider, sowie das Quecksilber steigt und fällt, bemerken, und auf dem Bogen nach Bequemlichkeit anzeichnen.

Da in den Röhren, welche man gewöhnlich erhält, die Entfernung cS des Aufhängungspunktes über der Achse des Rohres sehr klein sein muß, so erleichtert man sich die Aufhängung, indem man die Drehungsachse aus einem Stücke dünnen Stahl Drahts bildet, welches wie Fig. 80. gebogen wird, wobei der innere Theil der Krümmung so nahe als möglich dem halben Umkreise des Rohres gleich ist. Die Krümmung c auf der unteren Seite des Rohres, wird nun an letzteres der Draht mittelst eines vier oder fünf Mal herumgewundenen Fadens befestigt, dessen Verschiebung man durch einen oder zwei Tropfen Firniß zu verhindern sucht. Es ist klar, daß bloß durch Vergrößerung oder Verkleinerung des Abstandes zwischen den Aufhängpunkten oder Tragringen, der Schwerpunkt c mehr oder weniger unter jene Punkte SS herabgerückt, und der richtige Abstand cS ohne viele Mühe erhalten wird. Eine messerartige Schneide ist indessen gewiß dem Drahte vorzuziehen.

Um den Schwerpunkt des Rohres zu finden, ist bloß nöthig, dasselbe mittelst eines an dessen beiden Enden befestigten, und über einen Stift gelegten Fadens in horizontaler Lage aufzuhängen, und mittelst der Feile oder des Diamants den Punkt zu bezeichnen, in welchem der Faden eines von eben jenem Stifte herabhängenden Senkbleies das Rohr schneidet. Der Bogen V P V' (Fig. 79.) kann von Pappe, Holz oder Metall sein, und wird an die Drähte SP befestigt. An dem Ohre P hängt man das Instrument auf.

Wenn die Gestalt des Rohres nach Fig. 81. abgeändert wird, und die Kugel im obern Theile Weingeist, Quecksilber im untern enthält; so wird offenbar die Entfernung zwischen den Schwerpunkten bei zwei verschiedenen Temperaturen, folglich auch die Kraft des Instrumentes, sehr vergrößert. Die Schraffirung in Fig. 81. bezeichnet den Theil der Kugel und des Rohres, welcher vom Quecksilber eingenommen wird, wenn die Temperatur niedrig ist.

Auf die beschriebene Weise aufgehangen, kann das Rohr eben so gut von Thon oder Metall, als von Glas gemacht sein; es kann Metalle oder andere Substanzen enthalten, welche durch die Hitze ausgedehnt werden, und mittelst derselben zur Anzeige von Temperaturgraden gebraucht werden, durch welche ein gewöhnliches Thermometer schnell zerstört wird. Die obige Beschreibung bezieht sich indes nur auf gewöhnliche gläserne Thermometerrohre, die aber von einer dem Zwecke angemessenen Größe sein müssen. Wenn ein solches Thermometer groß genug ist, so bewegt es sich mit hinreichender Kraft, um durch die Auflösung eines Weckers den Augenblick anzuzeigen, in welchem das Gemach, worin es sich befindet, einen gewissen Temperaturgrad erreicht. Oder ein zubereitetes Papier kann über einen Haarpinsel hingeführt werden, der mit einer nicht trocknenden oder gefrierenden Flüssigkeit gefüllt ist. Dieser Pinsel wird dann, mittelst einer einfachen Zugabe zu dem Werke einer Uhr, alle Veränderungen anzeigen, welche binnen 12 oder 24 Stunden in der Temperatur vorgefallen sind. Ja, wenn man nicht mehr verlangt, als den höchsten und tiefsten Thermometerstand innerhalb einer gewissen Zeit (z. B. der Nacht) zu wissen; so kann dieser Zweck sehr leicht erreicht werden durch ein Paar feine Streifen von leichtem Holz oder zwei Borsten, welche von dem Ende des Thermometer-Rohres auf dem Gradbogen in Bewegung gesetzt werden.

§. 22. Idee zu einem Pyrometer, das seine Grade von sich selbst aufzeichnet.

(Hierzu Fig. 82. und 83.)

Ich machte, sagt ein Ungenannter, Versuche über die Verglasung der Farben, und fand bei diesen Versuchen vorzüglich dadurch mehre Schwierigkeiten, weil ich kein Instrument hatte, das den zum Flusse derselben nöthigen Grad von Hitze anzeigte. Die meisten Instrumente, die ich dazu brauchen wollte, geriethen in Unordnung.

Nach mehreren Versuchen gelang es mir, ein Instrument zu Stande zu bringen, das, wie ich hoffe, diesen Mängeln abhilft, und als ein sich selbst aufzeichnendes Pyrometer dienen kann. Es ist folgendes:

A (Fig. 82.) ist eine Röhre aus dem festesten Porzellan, die an einem Ende mit einer hohlen Kugel, gleichfalls aus Porzellan, versehen ist. Innerhalb dieser Röhre befindet sich ein flaches Stäbchen, das aus Platina, und an seinem untern Ende mit einer Scheibe aus demselben Metalle versehen ist, die genau in dieselbe paßt, so daß sie überall an der innern Wand der Röhre luftdicht schließt, und sich doch frei in derselben auf und nieder bewegen läßt.

Die hohle Kugel und ein Theil der Röhre werden mit einer Composition von Kupfer und Zinn, die bei 0 Grad am Wedgwood'schen Pyrometer fließt, gefüllt. Wenn nun diese Masse fließt, dehnt sie sich als flüssiger Körper in der Hitze aus, und treibt die Platina-Stange in die Höhe. Der graduirte Maßstab C ist an der Röhre vollkommen und so befestigt, daß er die freie Bewegung des Platina-Stäbchens durchaus nicht hindert. Zu dem Maßstabe ist eine Furche, in welcher sich ein Zeiger bewegt. Wie das Metall sich ausdehnt, schiebt

es das Stängelchen, und mit diesem den Zeiger in die Höhe. Siehe Fig. 83. Ich habe noch keinen bestimmten Maßstab, und kenne auch nicht die beste Metall-Composition. Ich wünsche die Erfahrungen Anderer hierüber *).

§. 23. Hr. Christie's verbessertes Barometer.

(Hierzu Fig. 84.)

Hr. Christie, Sekretär in der Mechanics' Institution, zeigt in der Einleitung zur Beschreibung des gegenwärtigen Barometers die Schwierigkeiten, den Vernier an dem gewöhnlichen Barometer so zu stellen, daß man der möglich höchsten Genauigkeit auf 0,01 Zoll sicher sein kann. - Er macht ferner auf die bekannten Nachteile des Röder-Barometers aufmerksam. Wir übergehen diese Bemerkungen, indem dieselben sich Jedem, der Barometer-Beobachtungen anstellt, ohnedies aufgedrungen haben müssen, und gehen zur Darstellung seines Barometers über.

a b c Fig. 84. ist eine ungefähr 35 Zoll lange Glasröhre, mit Ausnahme des kürzeren aufsteigenden Theiles derselben, b c. Die Röhre ist inwendig nicht unter Einem Viertel Zoll weit, und erweitert sich oben in a in eine Kugel von 2 Zoll im Durchmesser. Auf der Oberfläche des in der Röhre b c befindlichen Quecksilbers (welches in der gesammten Röhre durch Schattirung angezeigt ist) ruht eine kleine gläserne Kugel oder ein Schwimmer d, auf welchem ein feiner Stahldraht d e angebracht ist, der den Vernier f führt. Dieser Draht läuft durch ein Loch g, welches in einer kegelförmigen Hervorragung an dem Maßstabe h i angebracht ist, der auf der Röhre b a befestigt ist. Maßstab und Vernier sind auf die gewöhnliche Weise eingerichtet, nur ist letzterer umgekehrt numerirt: hier in der Figur nur von 27 bis 31 Zoll.

Da a luftleer ist, so wird das Quecksilber durch den Druck der Atmosphäre auf d in seinem Sinken beschränkt; je größer der Druck auf d wird, desto tiefer wird das Quecksilber in c b sinken, folglich auch d, und desto tiefer wird also der Vernier f, der an dem Drahte e d befestigt ist, längs dem Maßstabe h i von h nach i niedersteigen, d. h. in der Richtung von 27 nach 31. So wie im Gegentheile der Druck auf d sich vermindert, wird das Quecksilber in der Röhre a b sinken und in der Röhre b c steigen, und der Vernier wird eben so von 31 nach 27 Zoll aufwärts steigen **).

§. 24. Ueber Heberbarometer mit fixer Skale und Röhre. Von Johann Bartak.

(Hierzu Fig. 85.)

Bekanntlich sind die Heberbarometer diejenigen, deren man sich bei allen genauen Beobachtungen deswegen bedient, weil sie den Luftdruck immer einfach und genau durch die Höhe einer Quecksilbersäule zu erkennen geben, deren Gewicht die Größe dieses Luftdruckes auf ihre Grundfläche in Lothen oder Pfunden bestimmt.

*) Wir wünschen zu wissen, ob das Stängelchen, oder vielmehr, ob die Scheibe, nach dem das Metall sich ausgebeht hat und erkaltet, wieder auf seinen vorigen Standpunkt zurückzubringen ist? Ob nichts vom Metalle an den Wänden der Röhre hängen bleibt?

X. v. P.

**) Hr. Kemp bemerkt bei dieser Gelegenheit noch die sonderbare Erscheinung, daß, wenn man auf ein Quecksilber-Amalgam eine mit Wasser verdünnte Säure gießt, und dann Metallbracte in dieses Amalgam setzt, das Quecksilber an den Drahten alsogleich so hoch hinaufläuft, als die Flüssigkeit in dem Gefäße steht.

Thermometer.

9

Allein eben diese Heberbarometer haben bei ihrer Vorzüglichkeit das Unbequeme, daß entweder ihre Skale oder die Röhre, welche das Quecksilber enthält, beweglich sein muß, oder daß man gar, um die wahre Barometerhöhe zu erhalten, zwei Mal ablesen muß. Diese Operationen sind zwar bei allen genaueren Heberbarometern durch einfache Mechanismen sehr erleichtert; allein man sieht bald ein, daß, besonders bei oft auf einander folgenden Beobachtungen, auf diese Weise viele Zeit verloren geht, und daß, wenn man genau sein will, die ganze Operation immer ziemlich mühsam ist.

Aus diesem Grunde, scheint es, ist daher wohl das Heberbarometer, dieses einfache und ganz untrügliche physikalische Instrument, noch bei weitem nicht so verbreitet, als es zu sein verdiente; so daß es, weil man sich in vielen Fällen mit jener immer wiederholten Stellung entweder nicht befassen kann oder will, meist nur auf die rein wissenschaftliche Sphäre beschränkt ist, und seine Stelle im gewöhnlichen Leben immer nur das sehr ungenaue Gefäßbarometer einnimmt.

Ich glaube, daß die Mittheilung einer Untersuchung, welche nichts als eine einfache Rechnung mit Decimalen voraussetzt, nicht ganz ohne Interesse sein dürfte.

Es sei Fig. 85. $c c'$ irgend ein Barometerstand in einem mit allen sonst üblichen Vorrichtungen genau verfertigten Heberbarometer. Neigt man nun dieses Barometer in einer auf sein Brettchen der Länge nach senkrechten Ebene, und läßt es in Ruhe kommen, so wird der Stand des Quecksilbers sich z. B. nach d und d' verändern. Man nenne den Abstand $c d$, a , und jenen $c' d'$, a' und messe diese beiden Abstände mittelst eines genauen Haarzirkels, z. B. auf einem in 1000 Theile eingetheilten Decimeter; eben so wird vorausgesetzt, daß man den ersten Barometerstand $c c'$ entweder durch directe Messung mittelst eines Stangenzirkels oder durch Vergleichung mit einem schon bewährten Barometer in eben solchen Theilen des Decimeters, oder in Wiener Zoll, kenne. Die Punkte c und c' kann man sich auf der Glasröhre durch sehr scharfe Marken bezeichnen. Nimmt man nun an, es sei mn die letzte Theilungslinie der Skale, also unter dem tiefsten annehmbaren Barometerstande, und das Barometer steige nach dem ersten vorausgesetzten Stande $c c'$ bis nach d um b Wiener Zoll, so fragt sich, wie groß, bei Voraussetzung einer fixen Skale, die Distanz des Punktes d' von mn in den vorigen gleichen Theilen des Decimeters sein werde.

Hierfür sei das Verhältniß von

$$a : a' = \alpha;$$

so wird, da offenbar

$$a + a' = b \text{ ist,}$$

$$a' = \frac{b}{1 + \alpha} \text{ sein,}$$

und mithin wird

$$m d' = m c' + a' = m c' + \frac{b}{1 + \alpha} \text{ sein.}$$

Für einen dritten, vom ersten um b' Zoll verschiedenen Barometerstand, wird man eben so haben

$$a'' = \frac{b'}{1 + \alpha}.$$

Ist $b' = 2b$, so wird $a'' = 2a'$ sein; woraus sich ergibt, daß die einzelnen Theile dieser Skale, welche ganz unveränderlich und fest wie die Röhre selbst sein

kann, unter einander gleich sind: mithin stellt sich der Theilung derselben gar keine Schwierigkeit entgegen.

Die erwähnte Leichtigkeit, mit welcher ein gewöhnlicher Mechaniker solche Barometer construiren kann, wird sich aus folgendem Beispiele, von einem wirklich auf diese Art verfertigten Barometer, welches durch längere Vergleichung mit einem sehr genauen Heberbarometer sich bewährte, entnehmen lassen.

Es sei der erste beobachtete Barometerstand = 27,530 W. Z., und das Verhältniß von $a : a' = 8 : 9$, und man verlange die auf der Skale abzustehende Distanz vom genannten Barometerstande, welche einem neuen von 29,530 W. Z. entspricht, so hat man

$$\begin{aligned} b &= 2'' \\ a + a' &= 2'' \\ \frac{8a'}{9} + a' &= 2'' \text{ mithin} \\ a' &= 1'',059. \end{aligned}$$

Dieser Abstand a' soll aber ein Steigen von zwei wirklichen Zollen anzeigen, es werden daher auf der fixen Skale 2 Zoll gleich 1,059 Zoll, mithin 6 Zoll gleich 3,176 Zollen sein. Diese letztere Länge wird man daher in sechs gleichen Theilen auftragen, welche Zolle vorstellen, und diese wieder nach Belieben unterabtheilen. Wird die so eingetheilte Skale dann auf dem Brettchen so befestiget, daß das Barometer für diesen Augenblick die richtige Höhe anzeigt, so wird es, der Natur der Sache gemäß, für jeden folgenden beiläufig um drei Zoll höherem oder tieferen Stand, für welchen die Skale noch hinreicht, auch die richtige Höhe anzeigen.

Es ist ohne Zweifel aus der ganzen Auseinandersetzung dieser Sache zu entnehmen, daß die immer stattfindende Ungleichheit des Kalibers der beiden Schenkel der Glasröhre wohl berücksichtigt worden ist, insofern man von der Kapillarität des Quecksilbers abstrahirt, und deswegen hat man auch hier die Röhre wohl auszuwählen. Daß man Vortheile der Art, wie die Röhre in das Brettchen zu versenken, und bloß den zur Skale nöthigen Theil sichtbar sein zu lassen, anwenden könne, darf kaum erwähnt werden. Will man weiter gehen, und bemerken, daß durch die halb so kleinen Theile der Skale der im Ablesen annehmbare Fehler doppelt so groß wird; so zeigt sich bei näherer Betrachtung, daß die Bemerkung ganz entkräftet wird, wenn man berücksichtigt, daß bei dem gewöhnlichen Heberbarometer zwar im Ablesen ein halb so kleiner Fehler, dieser aber zwei Mal, also im Ganzen doch ein eben so großer Fehler wie bei dem beschriebenen, mit fixer Skale und Röhre, gemacht wird.

§. 25. Neues Aräometer, von Don Jose Maria Bustamente.

(Hierzu Fig. 86. bis 88.)

Es ist bekannt, daß zum Gebrauche von Nicholson's Aräometer eine Reihe kleiner und genauer Gewichte nothwendig ist, und daß dieses Instrument drei Mal *) bis zu einem bestimmten Punkte in Wasser eingesenkt werden muß, wenn man mittelst desselben das spezifische Gewicht eines festen Körpers bestimmen will. Hierbei ist man gezwungen, Gewichte nach Erforderniß zuzulegen und wegzunehmen, bis das Zeichen am Halse des Aräometers gerade die Wasserfläche berührt: eine gewöhnlich sehr langweilige Operation. Abgesehen davon,

*) Zwei Mal nur, wenn die ursprüngliche oder erste Belastung des Aräometers schon bekannt ist.

daß man auf Reisen die wünschenswerthe Bequemlichkeit meistens entbehrt, ist es auch leicht, einige der kleinen Gewichte zu verlieren, wodurch das dem reisenden Mineralogen so nützliche Instrument unbrauchbar wird. Um diesen Nachtheil zu vermeiden, die Transportirung des Aräometers zu erleichtern, und seinen Gebrauch zu vereinfachen, kann man sich der in Fig. 86, 87, 88. abgebildeten Einrichtung bedienen.

Der Theil abc des Instrumentes (Fig. 86.), welcher aus Zinn (verzinn-tem Blech?), Messing u. s. w. bestehen kann, ist aus zwei umgekehrten hohlen, bei de vereinigten Kegeln zusammengesetzt, und hat zur Basis eine concave Platte a fb, worein das im Wasser zu wägende Mineral gelegt wird. Vor dem Auflöthen dieser Platte muß das Instrument durch etwas hineingebrachtes Blei so belastet werden, daß es im Wasser bis nahe an die Basis ab einsinkt *). An vier gleichweit von einander abstehenden Punkten der Basis sind zwei Bogen von Draht, a b, gh, festgelöthet, welche sich durchkreuzen, und den Keif m tragen, worin mittelst Siegellack das untere Ende des gläsernen Röhrchens m n befestigt ist. Im Innern dieser Röhre befindet sich eine auf Papier gezeichnete Skale von Linien, Millimetern oder willkürlichen gleichen Theilen, die von Null angefangen nach aufwärts mit Zahlen bezeichnet sind **). Endlich ist am entgegengesetzten (obern) Ende des Rohres, mittelst des Ringes n und etwas Siegellack, das Schüsselchen rs befestigt, in welches die Mineralien gelegt werden, wenn man sie in der Luft wägen will.

Fig. 87. ist eine cylindrische Büchse von Weißblech, sammt ihrem Deckel. Sie ist eben so lang als das Aräometer, hat aber einen etwas größern Durchmesser als dieses. Im Mittelpunkte des Bodens dieser Büchse ist durch Anlöthen das konisch ausgehöhlte Röhrchen xz befestigt, in welches die Spitze des untern Kegels dec eingesezt wird; und da der Durchmesser des Schälchens oder Schüsselchens rs nur um sehr wenig kleiner ist, als jener der Büchse, so kann das zur Aufbewahrung hineingestellte Instrument nicht geschüttelt und dadurch beschädigt werden. Diese Büchse kann zugleich am besten Anwendung finden, wenn man das Aräometer gebrauchen will, weil eine in dasselbe gegossene hinreichende Menge Wasser nach dem Einsenken des Aräometers nur den Rand erreicht, ohne überzufließen.

Wenn das Instrument im Wasser sich selbst überlassen ist, so sinkt es, wie schon gesagt, bis nahe an die Basis a b ein; und es ist nothwendig, damit der Nullpunkt der Skale die Wasserfläche erreiche, einige kleine Beigewichte in das Schälchen zu legen. Dieses Gewicht, welches man bestimmen muß, heiße das Zugewicht.

Wenn unter diesen Umständen irgend ein Gewicht in das Schälchen gelegt wird, so sinkt das Instrument desto tiefer ein, je größer jenes Gewicht ist; und es unterliegt keinem Zweifel, daß das neu hinzugekommene Gewicht gleich sein wird dem Gewichte eines Wasser-Cylinders von dem Durchmesser und der Länge des neu eingetauchten Stückes von dem Halfe m n. Wenn daher das Instru-

*) Der Blei-Ballast kann aus flachen Stücken oder aus Schrot bestehen. Im erstern Falle wird das Blei fest passend in den untern Kegel gesteckt; im zweiten bedeckt man die eingestülpten Schrotkörner mit einem darüber angelötheten Plättchen, damit sie immer am Boden bleiben müssen.

**) Statt der gläsernen Röhre kann eine silberne oder messingene von entsprechender Größe und Schwere angebracht werden. Die Skale wird dann auf die Außenseite derselben eingegraben; die Ringe m, n bleiben weg, und das Instrument ist, da die Bogen ab, gh und das Schälchen rs besser befestigt werden können, weniger der Gefahr einer Beschädigung ausgesetzt.

ment um eine Abtheilung der Skale einsinkt, so kann man sagen, daß das Gewicht, womit es beladen worden ist, gleich sei jenem eines Wasser-Cylinders, dessen Basis der Querschnitt des Rohres mn , und dessen Höhe die Länge einer Abtheilung ist. Eine größere Belastung, welche eine Eintauchung von 20 Theilen der Skale bewirkt, wird gleich sein dem zwanzigfachen Gewichte einer solchen Wasserportion. Kennt man also die Anzahl von Drachmen oder Granen, welche eine solche Portion wiegt, so ist es leicht, das Gewicht des auf das Schälchen gelegten Körpers zu finden. Es wird späterhin gezeigt werden, wie das Gewicht jeder Wasserportion zu bestimmen sei; obschon es nicht nöthig ist, dasselbe zu kennen, weil die Abtheilungen der Skale die Verhältnisse der auf das Schälchen gelegten Gewichte zeigen: sowie es unnöthig ist, das Gewicht des in der Barometerrohre enthaltenen Quecksilbers zu wissen, um die verschiedenen Größen des Luftdruckes mit einander zu vergleichen. Es ist hinreichend, mit Genauigkeit die Punkte der Skale zu bestimmen, bis an welche das Wasser vor und nach der Belastung reicht. Hierauf beschränkt sich der Gebrauch des Instrumentes.

Gesetzt, das mit dem Zugewichte (s. oben) beladene Aräometer sinke genau bis zum Nullpunkte der Skale ein. Legt man nun auf das Schälchen, z. B. ein Stückchen Kalkspath, welches eine Eintauchung bis zur Zahl 54 der Skale bewirkt; so zeigt diese Zahl das Gewicht des Minerals in der Luft an. Wenn man hierauf das Stück von dem Schälchen wegnimmt, und auf die vertiefte Basis ab des Aräometers legt, so reicht das Wasser etwa nur bis zu 34, und diese Zahl zeigt das Gewicht des nämlichen Stückes im Wasser. Der Unterschied zwischen diesen zwei Zahlen, nämlich 20, drückt genau das Gewicht des von dem Mineral verdrängten Wassers aus, oder den Gewichtsverlust beim Wägen unter Wasser. Es bleibt daher nur 54 (das Gewicht des Stückchens in der Luft) durch 20 (den Gewichtsverlust im Wasser) zu dividiren: der Quotient, 2,7, gibt das spezifische Gewicht des Kalkspaths an. Dieses einfache Verfahren muß für alle Körper befolgt werden.

Es ist leicht einzusehen, daß das Zugewicht größer sein kann, als oben angenommen worden ist, ohne daß hierdurch die Angaben eine Aenderung erleiden; weil, wenn z. B. das Instrument Anfangs bis zu 8, statt bis zu Null einsinkt, so würde es nach der Belastung mit dem Stückchen Kalkspath nicht bis auf 54, sondern bis auf 62 eingesunken sein, und das Gewicht des Stückchens wäre wie vorher gewesen, nämlich $= 62 - 8 = 54$. Das Nämliche würde stattgefunden haben in Bezug auf die Wägung unter Wasser, wobei man das Gewicht nicht $= 34$, sondern $= 42$ gefunden hätte; so, daß der Verlust wie im ersten Beispiele $= 20$ gewesen wäre. Es ist einer von den Vortheilen des Instrumentes, daß es nicht nöthig ist, dasselbe bis zu einem festgesetzten Punkte einzutauschen, sondern nur, wie schon gesagt, die Theilungspunkte der Skale zu beobachten, welche den Stand der Wasserfläche anzeigen.

Wenn man von dem Schälchen nicht allein den gewogenen Körper, sondern auch das Zugewicht (s. oben) wegnimmt, so steigt das Instrument so hoch, daß die Basis ab außer dem Wasser sich befindet. Man kann daher den unter Wasser zu wägenden Körper darauf legen, ohne das ganze Aräometer aus dem Wasser zu nehmen, und ohne beim Wiedereinsinken das Anhängen von Luftblasen befürchten zu müssen, welche bei Nicholson's Aräometer so oft das Resultat verändern.

Weil die an dem Halse des Aräometers sich emporziehende Wasserfläche den Punkt immer etwas zweifelhaft läßt, bis zu welchem sie reicht, so kann man

sich zur genauen Beobachtung der Einsenkungstiefe des folgenden, durch seine Einfachheit und Sicherheit empfehlenswerthen Mittels bedienen. Es besteht in der Anbringung zweier gespannter Seidenfäden oder sehr feiner Drähte ab, cd (Fig. 88.) oben quer über der Oeffnung der Büchse, so daß von denselben der Hals des Aräometers umfaßt, aber nicht in seiner Bewegung zwischen ihnen gehindert wird. Zu diesem Behufe sind außen an der Büchse die Knöpfchen rs und in dem Rande derselben bei ab cd feine Einschnitte angebracht, in welche die Fäden oder Drähte zu liegen kommen. Wenn man durch den etwa zwei Linien tiefen und einen Zoll langen Ausschnitt xx in der Ebene der beiden Fäden auf die Skale sieht, so zeigt der dem Beobachter zugekehrte Faden den Einsenkungspunkt auf der Skale an. Wenn die Skale in Millimeter getheilt ist, so kann man noch ein Fünftel ihrer Abtheilungen, also 0.2 eines Millimeters beobachten: eine Größe, welche bei dem vom Erfinder gebrauchten Instrumente einem Gewichte von 0.3 Gran entspricht. Es ist wahr, daß der auf diese Weise beobachtete Punkt etwas höher liegt, als der wirkliche Eintauchungs-Punkt; aber aus dem Obigen geht hervor, daß hierdurch das Resultat nicht geändert wird.

Es war bisher nur vom Wägen solcher Substanzen die Rede, deren specifisches Gewicht größer ist als jenes des Wassers; nun müssen noch zwei andere Fälle betrachtet werden, nämlich jene, wo das specifische Gewicht des zu untersuchenden Körpers dem des Wassers gleich, und wo es geringer ist.

Kennt man das Gewicht eines Körpers in der Luft, z. B. = 24, und findet man, daß bei der Wägung unter Wasser das Aräometer gerade bis zum Nullpunkte einsinkt; so ist der Gewichtsverlust dem Gewichte in der Luft gleich, oder der Körper wiegt eben so viel als ein gleiches Volumen Wasser, und sein specifisches Gewicht ist $= \frac{24}{24} = 1$, eben so groß als das specifische Gewicht des Wassers.

Wenn aber bei der zweiten Eintauchung die Fläche des Wassers nicht bis zu Null hinaufreicht, sondern z. B. 6 Grade unter diesem Punkte bleibt (angenommen, daß die Skale negative Grade besitzt, d. h. daß die Eintheilung von Null abwärts fortgesetzt sei); so ersieht man hieraus, daß das verdrängte Wasser-Volumen mehr wiegt, als der Körper selbst, weil letzterer bei der Wägung unter Wasser nicht nur sein ganzes eigenes Gewicht = 24 verliert, sondern überdies noch das Instrument um 6 leichter macht, mithin der Unterschied zwischen + 24 (dem Gewichte in der Luft) und - 6 (dem Gewichte im Wasser) = 30 ist. Dividirt man 24 durch 30, so findet man 0.8 als das specifische Gewicht des untersuchten Körpers.

Es sind keine negativen (unter Null liegenden) Grade auf der Skale angebracht worden, um den Hals des Instrumentes nicht zu lang zu machen. Sie können auch entbehrt werden, wenn man berücksichtigt, daß es möglich ist, durch Vergrößerung des Zugewichtes den größten Theil der Skale unterzutauschen. Wenn unter dieser Voraussetzung ein Körper von geringerem specifischen Gewichte als Wasser unter dem letzteren gewogen wird, so bewirkt er ein Steigen des Aräometers, und man kann in der That sagen, daß die Skale, ohne größer geworden zu sein, verdoppelt ist. Ein Beispiel soll hierüber die etwa noch nöthige Aufklärung geben.

Setzt, ein Stückchen Eichenholz wiege in der Luft 43.3. Nachdem dasselbe vom Schälchen weggenommen, und das Zugewicht vergrößert ist, sinke das

Instrument z. B. bis zu 60 ein. Diesen Punkt bemerkt man, und betrachtet ihn nun so, als wäre er der Nullpunkt der Skale. Bei der hierauf vorgenommenen Wägung sinke das Instrument nur bis zu 53 ein, also gleichsam bis zu 7 Grad unter Null. Die Differenz zwischen + 43,3 und - 7 ist = 50,3. Dividirt man 43,3 durch 50,3, so zeigt der Quotient 0,86 das spezifische Gewicht des Eichenholzes an. Dieses Verfahren gilt für alle übrigen ähnlichen Fälle.

Wenn man, nachdem das Aräometer bis zu Null eingetaucht ist, bekannte Gewichte (z. B. Drachmen und Grane) auf das Schälchen legt, so ist es leicht, das einem Grade der Skale entsprechende Gewicht zu finden, wenn man die Anzahl der Grane durch die Zahl der eingetauchten Grade dividirt. Sinkt z. B. bei einer Belastung von 108 Gran das Instrument bis zum Punkte 54 unter, so entspricht jeder Grad einem Gewichte von 2 Gran. Es läßt sich auf diese Weise das größte Gewicht finden, welches man mittelst des Instrumentes zu wägen im Stande ist.

§. 26. Absprengen der Kolben und Glasröhren.

In Bezug auf die Methode, Kolben, Glasröhren u. s. w. durch Bindfaden abzusprengen, bemerkt Schwacke, daß man am kürzesten auf folgende Art zum Ziele gelangt. Man bindet um das Gefäß, welches abgesprengt werden soll, zwei starke Bindfäden so dicht zusammen, daß in ihrer Mitte der Faden zum Sägen laufen kann; dann nimmt Einer das Gefäß in die Hand und faßt mit der einen Hand dicht vor den Faden, damit er sich nicht verschiebe und mit der andern Hand den Faden zum Sägen, während ein Anderer dasselbe thut. Nun wird gesägt und in einigen Augenblicken ist das Gefäß abgesprengt.

§. 27. Thermomanometer, oder Instrument, um die Elasticität des Wasserdampfes zu messen.

Dieses, von Collardeau der Aufmunterungs-Gesellschaft in Paris vorgelegte Instrument, ist ein großes Thermometer, welches in erhitztem Fett, mittelst eines in eben diese Flüssigkeit getauchten Muster-Thermometers gradirt wurde. Die Skale ist auf Glas gezeichnet, und gibt die den Temperaturen entsprechenden Elasticitäten des Wasserdampfes nach folgender Tafel an:

Temperatur des Dampfes.		Druck des Dampfes. Atmosphären.
100° Cent.	=	80° Réaum. 1
122	=	97,6 2
135	=	108 3
145,2	=	116,2 4
154	=	123,2 5
161,5	=	129,2 6
168	=	134,4 7
173	=	138,4 8

Die von dem Verfertiger angenommene Skale hat zur ersten oder niedrigsten Zahl 10, oder zehn Zehntel des durch eine Quecksilberfäule von 0,76 Meter gemessenen einfachen atmosphärischen Druckes. Die Einheit der Skale (d. h. jeder Grad derselben) ist ein Zehntel dieses Druckes. Das Rohr ist 50 bis 60 Centimeter (19 bis 22½ Zoll) lang, und in der Höhlung konisch, so, daß sein innerer Durchmesser von der Kugel nach oben zu abnimmt. Diese Gestalt wurde gewählt, damit die oberen Grade größer ausfallen könnten.

Der Preis des Instrumentes, aus dickem Glase verfertigt, ist 35 Franken, ohne die Fassung; durch Anwendung dünneren Glases und eines kürzeren Rohres könnte der Preis auf 25 Franken vermindert werden. Collardeau wohnt zu Paris, Rue de la Cérisaie, Nr. 3.

§. 28. Beschreibung eines neuen Hygrometers von der Erfindung des Hrn. A. Benoit, welches derselbe Hygroskop nennt.

(Hierzu Fig. 89.)

Unter allen bisher bekannten Hygrometern ist das Saussure'sche ohne allen Zweifel das beste und genaueste; man wird indessen gestehen, daß es, in Hinsicht auf Empfindlichkeit, noch Manches zu wünschen übrig läßt. Mehrere Ursachen in dem Baue desselben tragen nämlich dazu bei, daß das Haar, die Seele des ganzen Instrumentes, leichtere Veränderungen im hygrometrischen Zustande dem Zeiger nicht mehr mitzutheilen vermag. Das Hygrometer ist nämlich beständig dem häufigen Wechsel der Feuchtigkeit und Trockenheit der Atmosphäre ausgesetzt, und dadurch oxydiren sich die Zapfen der Achse des Zeigers in einem solchen Grade, daß sie eine bedeutende Reibung bei der Bewegung der Achse erzeugen. Ferner erzeugt der Zeiger und sein Gegengewicht, so leicht auch beide immer sein mögen, immer einen gewissen Grad von Widerstand, wenn sich die Veränderungen des Haares demselben mittheilen. Endlich bildet auch die Drehung des Haares, welche dasselbe erleidet, wenn es sich um die Rolle windet, abgesehen von dem Gewichte des Haares, welches dasselbe spannt, so oft das Instrument auf dem Trockenpunkt hingieht, einen mehr oder minder bedeutenden Widerstand, je nachdem das Haar, der Durchmesser desselben und seine Zubereitung verschieden ist. Hieraus folgt nun, daß sehr kleine Wechsel im hygrometrischen Zustande der Atmosphäre dem Saussure'schen Hygrometer immer entgehen mußten, was für genaue Versuche, wo man der möglich höchsten Bestimmtheit bedarf, sehr nachtheilig ist.

In dem gegenwärtigen Hygroskope habe ich versucht, einem Theile dieser Mängel abzuhelpen, und wenn es mir auch nicht gelungen ist, meinen Zweck gänzlich zu erreichen, so glaube ich doch ein bequemeres, kleineres und ohne Vergleich empfindlicheres Instrument, als jenes des Hrn. Saussure, verfertigt zu haben.

Der Bau dieses Instrumentes gründet sich auf die bekannte Eigenschaft des Papieres, sich in Folge der Einwirkung der Feuchtigkeit oder Trockenheit mächtig auszudehnen oder zusammenzuziehen. Papier, und vorzüglich das im Handel unter dem Namen Pflanzen-Papier (Papier végétal) vorkommende Papier, besitzt die hygrometrischen Eigenschaften in dem höchsten Grade, in einem weit höheren Grade als das Haar, und wenigstens in einem so dauerhaften. Ueberdies hat dieses Papier, außerdem daß es sehr dünn ist und wenig Masse darbietet, eine regelmäßige und ziemlich gleichförmige Textur, die ganz für den Zweck taugt, zu welchem dasselbe bestimmt ist.

Der Haupttheil dieses Hygroskopes besteht in einem außerordentlich dünnen Metallstreifen von ungefähr 0,25 Meter Länge und 0,0015 Breite. Dieser Metallstreifen ist spiralförmig gewunden, und außen mit einem Papierstreifen von der oben erwähnten Sorte belegt, welches genau dieselbe Breite hält. Beide Streifen sind mittelst eines Leimes, welcher durchaus nicht für Feuchtigkeit empfindlich ist, auf einander geleimt. Diese Spirale bietet nun unter einem sehr geringen Umfange eine bedeutend große Oberfläche der hygrometrischen Einwirk-

kung dar, und man begehrt leicht, welche Folge diese Einwirkung auf die Spirale haben muß. Sobald nämlich die Spirale mit feuchter Luft in Berührung kommt, so wird, da nur die äußere Oberfläche derselben empfindlich ist, die innere aber nicht, nothwendig eine drehende Bewegung entstehen, welche durch die Ausdehnung des Papierses in Folge der Feuchtigkeit veranlaßt wird. Diese ausdehnende Kraft des Papierses wird so lange fortwirken, als sie größer ist als die Elasticität des Metallstreifens, auf welchen sie angeleimt ist. Diese drehende Bewegung der Spirale wird nun durch einen Zeiger sichtbar dargestellt, in welchen die Spirale sich endet, und welcher einen in Grade getheilten Kreis durchläuft. Das Entgegengesetzte wird geschehen, wenn das Papier einer trockenen Luft ausgesetzt wird, und die Nadel wird in entgegengesetzter Richtung laufen. Die Länge der Spirale ist so berechnet, daß der Zeiger für 40 Grade an Saussure's Hygrometer, nämlich von 60° an demselben bis zum 100°, bis zur höchsten Feuchtigkeit, den ganzen Kreis durchläuft.

Wenn man die Länge des Streifens gehörig verkürzt, so könnte man die beiden äußersten Punkte der Feuchtigkeit und Trockenheit erhalten; allein man erhielte sie auch nur auf Kosten der Empfindlichkeit des Instrumentes, und würde dasselbe dadurch seines Hauptvorzuges vor dem Hygrometer des Hrn. de Saussure berauben, ohne es dadurch eigentlich besser gemacht zu haben. Man wird weiter unten sehen, daß die Hauptsache nicht in der Graduirung liegt, da es nicht zu demselben Zwecke, wie jenes Hygrometer, bestimmt ist.

Wenn aber auch mein Hygroskop äußerst empfindlich ist, so hat es dafür mehre Mängel, die man nothwendig kennen muß. 1) Wenn es sich auf Feucht stellt, so nimmt die Elasticität des Papierses nothwendig immer desto mehr und mehr ab, je mehr die Feuchtigkeit zunimmt, und es muß ein Zeitpunkt kommen, wo diese Kraft nicht mehr zureichen wird, um den Widerstand zu überwinden, welchen die Elasticität des Metallstreifens entgegenstellt. Diese Kraft und dieser Widerstand werden demnach im Gleichgewichte stehen, und der Zeiger wird einen Augenblick über Still stehen. Wenn nun die Feuchtigkeit immer zunimmt, wird die Elasticität des Metallstreifens von ihrer Seite wieder stärker werden, als die des Papierstreifens, und die Spirale zwingen, sich in entgegengesetzter Linie zusammenzuziehen: der Zeiger wird also zurücklaufen, und dann wird es scheinen, als ob das Hygrometer zurück auf Trocken lief, obschon die Feuchtigkeit zunimmt. Dieser Fehler ist, glaube ich, der größte, den man dem Instrumente vorwerfen kann, und könnte selbst zu bedeutenden Irrungen Veranlassung geben, wenn man nicht darauf vorbereitet wäre. Da indessen dieser Umstand erst stattfindet, wann das Instrument beinahe den höchsten Grad der Feuchtigkeit, den 95° zeigt, so hat er bei gewöhnlichen Graden von Feuchtigkeit keinen Einfluß, und die gewöhnlichen Versuche und Beobachtungen werden meistens unter diesem äußersten Punkte angestellt. 2) Da die Elasticität des Metallstreifens bei verschiedener Temperatur verschieden ist, so könnte auch hieraus noch ein neuer Fehler entstehen, der wichtig sein könnte, wenn die Versuche und Beobachtungen bei sehr verschiedener Temperatur angestellt werden. 3) Die Ausdehnungen der Streifen der Spirale sind ungleich; folglich muß auch die thermometrische Wirkung ungleich und so sein, wie an Breguet's Thermometer. Da ferner der innere Streifen nicht mehr ausdehnbar ist, als der äußere, so vereinigt sich hier die thermometrische Kraft beider mit der hygrometrischen. Kälte wird immer das Instrument auf Feuchtigkeit zeigen machen, so wie Wärme immer auf Trockenheit.

Aus diesen verschiedenen Wirkungen folgt, daß dieses Instrument nur unter derselben Temperatur mit sich selbst verglichen werden kann, und daß, wenn man

Ich desselben als Hygrometer bedienen wollte, man eine Tabelle von Correctionen für jeden Thermometergrad an den verschiedenen Graden desselben entwerfen müßte; dies würde aber bei den Unrichtigkeiten im Gange dieses Instrumentes sehr schwierig sein. Ich glaube daher nicht, daß man es so, wie es ist, in Hinsicht auf die Genauigkeit der Resultate an die Stelle des de Saussure'schen Hygrometers stellen kann. Sein Maßstab hat überdies eine zu geringe Ausdehnung, als daß es zu demselben Zwecke dienen könnte. Ich gebe es nur als ein Instrument, mit welchem man Versuche anstellen kann, indem man mittelst desselben die allerkleinsten Wechsel und Abweichungen in dem hygrometrischen Zustande der Luft, die dem Saussure'schen Hygrometer entgehen, wenn sie auch nur eine sehr kurze Zeit über dauern, wahrnehmen kann. Und in dieser Hinsicht kann dieses Instrument bei gewissen meteorologischen Untersuchungen von Nutzen werden. Es hat dann vor dem Saussure'schen Instrumente noch den Vortheil, daß es augenblicklich wirkt; ein Vortheil, den es seinem Baue zu danken hat, der vorzüglich deswegen den Vorzug verdient, weil gar kein mechanisches Zwischenmittel zwischen dem eigentlich hygrometrischen Stücke und dem Zeiger angebracht wird. Ich denke also, wenn man dieses Hygroskop zugleich mit dem Hygrometer braucht, dessen Supplément es gewissermaßen ist, man zu genaueren Resultaten gelangen kann, als diejenigen sind, welche man durch letzteres allein nicht zu erreichen vermag. Der Versuch, den wir sogleich anführen wollen, wird überdies eine Idee von dem Grade seiner Empfindlichkeit gewähren können, die, so zu sagen, unendlich ist, indem man, ohne das Instrument sehr zu vergrößern, die Länge und Breite des Streifens, aus welchem die Spirale besteht, vergrößern, und dadurch die Empfindlichkeit desselben vermehren kann.

Hr. de Saussure gibt in Nr. 135. des 6ten Kapitels seines Second Essai sur l'Hygrométrie das Detail eines Versuches, in welchem er den Einfluß der Verdünnung der Luft auf sein Hygrometer zeigen will, und bedient sich hierbei folgender Worte:

»Das Hygrometer, welches ich in dem mit Luft gefüllten Recipienten einschloß, stellte sich auf $63^{\circ},3$, und der Thermometer auf $16,6$. Als ich nun die Stempel der Luftpumpe drei Minuten lang spielen ließ, verdünnte ich die Luft dadurch auf einen solchen Grad, daß das Barometer der Luftpumpe nur 6 Linien niedriger, als das äußere Barometer stand, und während dieser kurzen Zeit ging das Hygrometer um ungefähr 15 Grade auf Trocken, d. h., es stieg auf $48^{\circ},3$, obschon das Thermometer von $16^{\circ},6$ auf $15^{\circ},25$ gefallen war, wie dies immer geschieht, wenn man den Recipienten schnell auspumpt. Ich hörte dann auf auszupumpen, und in der nächsten folgenden Minute ging das Hygrometer noch um ungefähr $0,3^{\circ}$ auf Trocken. Auf diesem Punkte schien es eine Minute lang still zu stehen, und zog sich dann auf Feucht so, daß es binnen der zwei folgenden Minuten beinahe einen halben Grad in dieser Richtung durchlief.«
Hr. de Saussure fragt bei dieser Gelegenheit: ob unter allen bekannten Hygrometern das Haarhygrometer nicht das einzige ist, das Abänderungen nach entgegengesetzten Richtungen, die mit solcher Schnelligkeit auf einander folgen, anzuzeigen vermag?

Um nun zu sehen, welche Resultate das Hygroskop unter ähnlichen Umständen im Vergleiche mit dem Haarhygrometer zu geben vermag, wiederholte ich den obigen Versuch, und bediente mich bei demselben des Hygroskopes. Ich brachte es zugleich mit einem guten de Saussure'schen Hygrometer unter den Recipienten einer Luftpumpe. Ich wartete einige Augenblicke, bis sie mit der Luft unter dem Recipienten sich in's Gleichgewicht gesetzt hatten. Das erste stellte

sich auf $49^{\circ},5$, das zweite auf 48° . Das Thermometer stand auf 18° . Ich fing dann an die Luft so schnell als möglich auszupumpen, und erhielt folgende Resultate. Nach einigen Zügen der Stempel, in einem Zeitraume von 6 bis 7 Secunden, stieg das Hygroskop von $45^{\circ},5$ auf 59° , d. h., es ging um $12\frac{1}{2}$ Grad auf Feucht; stand dann einen Augenblick über still; und da ich immer fortfuhr zu pumpen, fing es an sehr schnell auf Trocken zu laufen, so daß es in den folgenden 12 Secunden den ganzen Umfang des Kreises durchlaufen hatte, folglich um mehr als 40 Grade auf Trocken ging. Ich hörte dann auf zu pumpen, und ließ Luft herein. In 8 Secunden war das Instrument wieder auf dem Punkte, von welchem es ausgegangen ist, was demnach einen Unterschied im Ganzen von 105° in weniger denn einer halben Minute beträgt. Saussure's Hygrometer zeigte während dieser Zeit die erste Bewegung des Hygroskops auf Feucht durchaus nicht an; nur in der zweiten Periode ging es um $2\frac{1}{2}$ Grad auf Trocken.

Diese Resultate reichen, wie es mir scheint, zu, um die Weise zu zeigen, wie dieses Instrument wirkt, und einen Begriff von der außerordentlichen Schnelligkeit zu geben, mit welcher es im Vergleiche des Haarhygrometers, des empfindlichsten, das man bisher kennt, seine Andeutungen gibt. Man sieht, daß in dem von Hrn. de Saussure angestellten Versuche sein Hygrometer in einem Zeitraume von 7 Minuten nur um $14,8^{\circ}$ auf Trocken ging, während das Hygroskop in einer 14 Mal kürzeren Zeit einen Unterschied von 105° gab, wovon $12,5$ auf Feucht; eine Wirkung, die dem Saussure'schen Hygrometer gänzlich entging, da die Zeit, während dieselbe statthatte, zu kurz war. Man könnte, wie es mir scheint, diese Versuche auf verschiedene Weise abändern, und dadurch zu sehr interessanten Resultaten gelangen. Ich überlasse es geschickteren Händen, dieselben anzustellen, als die meinigen sind. Ich wollte nur den Nutzen dieses Hygroskops bei seinen Versuchen zeigen, und die Vorzüge desselben vor allen anderen Hygrometern in Bezug auf Empfindlichkeit auf eine unbestreitbare Weise darthun.

Dieselben Buchstaben bezeichnen im Grundrisse im kleinen Alphabete dieselben Gegenstände, die die großen im Aufrisse andeuten.

AB ist die Spirale.

CD der am unteren Ende derselben angebrachte Zeiger.

EF der in Grade getheilte Kreis.

G ein Stück, welches sich in dem Ende N des Trägers MN in sanfter Reibung schiebt, und die kleine Zange x führt, welche die Spirale in einer senkrechten Lage hält. Da dieses Stück sich in dem Halsbände N drehen läßt, so kann man den Zeiger in jeder schicklichen Stellung nach der Graduirung des Instrumentes mit Leichtigkeit befestigen.

HI ein kleiner Stift, der durch das Stück G läuft, und sich bis auf die Platte OP verlängert. Es hindert die Spirale während des Uebertragens des Instrumentes von einem Orte zum anderen zu stark zu schwanken. Man kann ihn mittelst des gerändelten Stückes H leicht herausziehen.

K und L sind kleine an der Scheibe EF befestigte Säulen, die sich in Bayonnettgefüge auf der Platte OP stellen, so daß man nöthigen Falles das Instrument leicht ausheben kann.

MN Stütze der Spirale, die auf der Gradscheibe mittelst der Scheibe x befestigt ist.

OP Platte zur Aufnahm der unteren Enden der Säulen. Diese Platte ist mittelst dreier Schrauben auf einer hölzernen Unterlage befestigt.

§. 29. Ueber einige Vorsichtsmaßregeln bei Beobachtungen mit dem Aräometer. Von Hrn. Dubrunfaut.

Man muß nicht vergessen, das Aräometer vor der Beobachtung gehörig zu reinigen und abzuwischen. Die Flüssigkeit, welche man untersuchen will, muß in ein eigenes, reines, ziemlich geräumiges Gefäß gebracht werden, damit das Aräometer frei in demselben spielen kann: eine gläserne oder blecherne Röhre, deren Durchmesser nur um etwas größer ist, als jener der Kugel des Aräometers, reicht hin. Man muß diese Röhre überdieß bei dem Versuche senkrecht und ganz gefüllt mit der Flüssigkeit zu halten suchen, wenigstens in dem Augenblicke des Gleichgewichtes und der Beobachtung.

Diese Beobachtung kann nun in Folge der Capillar-Attraction zwischen der Flüssigkeit und dem Glase sehr unrichtig ausfallen. Es steigt nämlich, wie man leicht wahrnehmen kann, die Flüssigkeit an der Röhre des Aräometers desto höher empor, je leichter, d. h., je weniger dicht sie ist, und die Irrung, die dadurch entstehen kann, ist bei Alkohol weit größer, als bei einem concentrirten Syrupe. In jedem Falle ist jedoch dieses Aufsteigen der Flüssigkeit merklich, und der Durchschnitt des emporgehobenen Theiles bietet eine regelmäßige krumme Linie dar.

Um nun den Grad am Aräometer gehörig zu bestimmen, muß der Sehestrahl auf der Oberfläche der Flüssigkeit hinfahren: nur dadurch erhält man den Grad mit Bestimmtheit zur Ablefung, indem derselbe sich nämlich immer auf dem Durchschnittspunkte der Oberfläche der Flüssigkeit mit dem Cylinder des Aräometers befindet. Auf diese Weise kommt also jener Theil der Flüssigkeit, welcher durch die Capillar-Attraction gehoben wurde, über die Oberfläche der Flüssigkeit hinaus. Wenn man genau beobachten will, so muß das Gefäß, in welchem die zu untersuchende Flüssigkeit enthalten ist, bis zum Ueberlaufen voll sein; denn in einem gläsernen Gefäße steigt die Flüssigkeit auch an den Wänden des Glases empor, und die Fehler des Glases haben sogar noch Einfluß auf die Richtigkeit der Beobachtung.

Wenn man die Beobachtung auf die hier angegebene Weise machen wird, wird man bemerken, daß die Grade des Aräometers, die im Wasser eingetaucht sind, kleiner zu sein scheinen, als diejenigen, die sich über demselben befinden; was bekanntlich eine optische Täuschung ist, die von der Brechung der Lichtstrahlen herrührt, die der Beobachter verbessern muß, und durch Vergleichung mit dem ersten Grade über dem Wasser leicht verbessern kann.

Man hat öfters wahrgenommen, daß bei aräometrischen Beobachtungen, die ohne obige Vorsicht angestellt wurden, sich Abweichungen von 1 bis 2 Graden fanden, während sie, bei derselben, sehr genau ausfallen.

§. 30. Ueber ein feststehendes Thermometer, womit man die Temperatur der Färbekufen bestimmen kann, welche mit Dampf erhitzt werden; von Hrn. Achille Penot.

(Siehe zu Fig. 90. und 91.)

Man hat schon seit langer Zeit auf die Unbequemlichkeiten aufmerksam gemacht, womit die Anwendung gewöhnlicher Thermometer verbunden ist, wenn man damit die Temperatur der Dampf-Färbekufen bestimmen will; sie bestehen hauptsächlich darin, daß wegen ihrer Zerbrechlichkeit von den Arbeitern immer eine große Menge zu Grunde gerichtet wird, und daß es sehr schwierig ist, damit genau den Gang der Temperatur in den Kufen zu verfolgen, wenn man das-

selbe Instrument nach und nach in jede derselben bringen muß. Ein Thermometer, welches in der Kufe befestigt, deren Temperatur außen auf einer graduirten Fläche anzeigen würde, wäre ohne Zweifel vorzuziehen, besonders wenn es bei einer genauen Angabe derselben zugleich wohlfeil und leicht zu verfertigen wäre. Ich suchte diesen doppelten Zweck durch mein neues Thermometer, welches ich hier beschreiben will, zu erreichen, und ich glaube, daß es mit eben so großem Vortheil auch in den Brauereien, Zuckerfabriken u. dergl. angewandt werden können.

Bei einer der vertikalen Kanten der Kufe und in einer Höhe von ungefähr 25 Centimeter macht man an einer der Seitenwände p p Fig. 90. eine Oeffnung t t, in welche man eine hohle, an ihrem Ende s luftdicht verschlossene Bleiröhre einführt, die beiläufig einen Meter lang ist und 15 bis 18 Millimeter innern Durchmesser hat. Man biegt sodann diese Röhre am Punkt t um und erhebt sie vertikal nach tm, längs der inneren Seitenwand der Kufe; man biegt auch den Theil to vertikal auf der äußeren Seitenwand auf. Es sei d e Fig. 91. der Theil t o, wo man ihn von der Seite vor der Kufe sieht; man bringt am Punkt e (auf dieselbe Art, wie man die Manometer an den Dampfkeffeln befestigt) einen umgekehrten Glasheber c e f an, auf welchem eine Glasröhre f i von etwas kleinerem Durchmesser aufgesetzt ist. Bei diesem Heber ist der Schenkel c e, welchen man zum Theil in die Bleiröhre einführt, länger als der Schenkel e f. Ehe man den Heber an der Bleiröhre befestigt, gießt man so lange Quecksilber hinein, bis es in der kleinen Röhre f i 3 bis 4 Centimeter hoch steht. Das Ende h der kleinen Röhre ist an der Lampe ausgezogen, so daß es nur noch eine sehr kleine Oeffnung hat, und man kann es umbiegen, wie in Fig. 90., um dem Eindringen von Staub möglichst zu begegnen.

In dem Maße, als das Wasser sich erhitzt, dehnt die in der Bleiröhre enthaltene Luft sich aus und drückt auf das Quecksilber, welches in der Röhre f i in die Höhe steigt; diese Röhre nimmt man von kleinem Durchmesser, damit ein geringer Fall des Niveaus in dem Schenkel c e 8 bis 10 Mal größer in der Röhre ist.

Da die Kufen nicht immer auf gleiche Höhe mit Wasser gefüllt sind, so könnte bisweilen der Fall eintreten, daß ein Theil der Bleiröhre sich außer dem Bade befände. Um dieses zu vermeiden, kann man dieser Röhre eine geneigte Lage t s geben, wie in Fig. 90. Freilich wird man alsdann die Temperatur der Kufe vielleicht nicht genau haben, aber der Irrthum ist wegen der beständigen Bewegung der Flüssigkeit sehr gering und kann in der Praxis vernachlässigt werden.

Man graduirt das Instrument auf der Kufe selbst; man erhitzt zuerst die Flüssigkeit bis zum Sieden und bezeichnet den Punkt, wo das Quecksilber sodann in der Röhre f i stehen bleibt, mit 100. Man läßt sodann das Wasser erkalten und beobachtet seine Temperatur mit gewöhnlichen Thermometern, die man hineintaucht, und bezeichnet die beobachteten Grade von fünf zu fünf auf der unbeweglichen Skale des Thermometers. Man theilt sodann jeden der so gefundenen Räume in fünf gleiche Theile ein. Es ist zu bemerken, daß nicht alle Grade gleiche Ausdehnung haben, weil der Druck des Quecksilbers mit der Höhe der Säule zunimmt; aber der Unterschied, welcher zwischen fünf auf einander folgenden Graden stattfinden kann, ist in der Praxis von wenig Belang. Da das neue Thermometer sehr empfindlich ist, selbst noch um vieles mehr als die gewöhnlichen Thermometer, so darf man es nur graduiren, wenn das Wasser langsam abkühlt, damit man die Temperatur als einige Zeit constant betrachten kann.

Um nur trockene Luft in der Bleiröhre zu haben, was nöthig ist, kann man an dem Theil *t o* Fig. 90. 24 Stunden lang eine Blase, geschmolzenen salzsauren Kalk enthaltend, anbringen und sie erst in dem Augenblicke, wo man den Heber befestigt, wegnehmen.

Man hat gefunden, daß bei den Manometern der Dampfessel das Quecksilber bei einem Druck von 3 bis 4 Atmosphären sich mit einem Theile des Sauerstoffs der Luft verbindet, was der Regelmäßigkeit des Instrumentes schadet (Bulletin de la Soc. ind. de Mulh. Bd. I. S. 48.). Ich glaube nicht, daß man hier denselben Fall zu befürchten hat; wenn man jedoch bemerken sollte, daß er sich einstellt, so dürfte man nur die Bleiröhre mit reinem und trockenem kohlen-sauren Gas oder Stickgas füllen.

Um das Instrument gegen jede Beschädigung zu schützen, muß man die Bleiröhre in einen hölzernen Halbcylinder und den gläsernen Theil in ein Gehäuse aus Eisendraht einschließen.

Die Hrn. Nicolas Koehlin und Brüder erlaubten mir in ihrer Fabrik einen Versuch mit meinem Thermometer zu machen, dessen Gang auch so regelmäßig war, wie ich es erwartet hatte. Hr. Eduard Koehlin hat selbst dieses Thermometer hinsichtlich seiner Dauerhaftigkeit noch verbessert; seine Abänderung besteht darin, den ganzen Theil *s t o q v* Fig. 90. aus einem einzigen Stück Eisen zu machen, an welchem man sodann die Haarröhre anlöthet; damit aber erst dann die äußere Temperatur keinen Einfluß haben kann, muß man den Theil *o v q* mit einem schlechten Wärmeleiter umhüllen. Wenn man eine eiserne Röhre aus einem einzigen Stücke anwendet, muß man eine Wand in einer der Enden durchbohren und die Röhre stützt sich fast horizontal auf die Nebenwand.

Der Luftdruck muß nothwendigerweise auf den Gang des Instrumentes Einfluß haben; da dieses Thermometer aber nur für die Fabriken bestimmt ist, so ist es befferungeachtet hinreichend genau.

Bericht des Hrn. Daniel Koehlin: Schouh, im Namen des Gemischen Comité's, über dieses Thermometer.

Um die Versuche mit diesem Thermometer längere Zeit fortsetzen und dessen Vortheile daher besser beurtheilen zu können, brachte man ein solches an einer Färbekufe an. Der vom Verfasser angegebenen Vorsichtsmaßregel gemäß wurde die Bleiröhre, sowie auch die Glasröhre gut ausgetrocknet, und nachdem man in diese letztere das nöthige Quecksilber eingefüllt hatte, wurden die beiden Röhren mit Siegellack an einander gelöthet und der Apparat am Ende einer Kufe (Fig. 90.) angebracht. Der äußere Theil der Röhre *o q v* wurde mit einer hölzernen Büchse *g k* und die kleine Röhre *f i* (Fig. 91.) von beiden Seiten mit Skalen versehen, zwischen welche sie, wie die Haarröhren der gewöhnlichen Thermometer eingesetzt war. Die Bleiröhre *t s* neigte man schwach, um sie mit einer größern Anzahl Wasserschlachten von verschiedenen Temperaturen in Berührung zu bringen, und schloß sie in einen aus zwei kleinen Seitenbrettern bestehenden Kanal ein, welche dieselbe gegen die Stöße, denen sie bei den Färboperationen ausgesetzt sein konnte, schützten und doch das Wasser frei um die Röhre circuliren ließen.

Das Thermometer wurde sodann grabulirt, indem man die Temperatur der in der Kufe enthaltenen Flüssigkeit allmählig erniedrigte. Diese Vorsichtsmaßregel ist außer dem Vortheil, wesswegen Hr. Penot sie vorschrieb, auch nothwendig, denn man würde bei ihrer Vernachlässigung einen geringen Unterschied in den Graden finden, weil der Theil *t o* der Röhre (Fig. 90.), welche mit der

Flüssigkeit der Rufe nicht in Berührung ist, Luft enthält, die allmählig an Volumen zunimmt, indem sie sich durch Mittheilung erhitzt.

Nach allen diesen Betrachtungen und nachdem wir mehrere Tage lang den regelmäßigen Gang dieses Thermometers beobachtet hatten, glauben wir, daß es nicht ganz so genau wie die Thermometer der physikalischen Cabinette ist, aber allen Anforderungen in den Fabriken vollkommen entspricht. Dasselbe kommt nicht ganz auf 12 Franken zu stehen *).

§. 31. A. Bellani's Thermo-Barometer,

(Hierzu Fig. 92. und 93.)

ist als ein vorzüglich sinnreiches und brauchbares Instrument der Aufmerksamkeit deutscher Mechaniker zu empfehlen.

Bekanntlich ist bei der Anwendung des Barometers zu Höhenmessungen eine der wichtigsten Correctionen diejenige, welche sich in Bezug auf die Temperatur des im Instrumente befindlichen Quecksilbers nöthig macht. Diese Temperatur wird in der Regel durch ein im Gestelle des Barometers eingebettetes Thermometer gemessen, von dem man annimmt, daß es denselben Wärmegrad habe, wie das Quecksilber im Barometer. Bedenkt man indes, wie langsam sich die Temperatur zweier homogenen oder heterogenen Körper in deren sämtlichen Theilen in's Gleichgewicht setzt, so muß man die Genauigkeit dieses Verfahrens mit Grund bezweifeln. Diese Betrachtung bewog den durch die Erfindung mehrerer sinnreichen Instrumente schon bekannten Hrn. Angelo Bellani, auf Mittel zu denken, wie das Quecksilber des Barometers selbst dazu gebraucht werden könne, seine Temperatur anzuzeigen. Dies ist ihm durch Anfertigung des alsbald zu beschreibenden Instrumentes, einer glücklichen Modification des Gay-Lussac'schen Barometers, gelungen, und er hat diesem neuen Instrumente den Namen Thermo-Barometer beigelegt. Wir geben die Beschreibung desselben in Bellani's eignen Worten.

Fig. 92. AB ist ein Heberbarometer, welches aus zwei Röhren von ziemlich gleichem Caliber besteht, die durch eine engere und in dem Theile C fast haarförmige Röhre zusammenhängen. Die Ase der Röhrenportion A fällt nicht mit der Verlängerung der Achse des Abschnitts C zusammen, damit, wenn das Instrument frei hängt, es die senkrechte Richtung beibehält. Man beobachtet die Höhe der obern und untern Säule und subtrahirt die letztere von der erstern. Der atmosphärische Druck gelangt an die Oberfläche des Quecksilbers durch ein sehr feines Häutchen, welches mittelst eines Fadens straff über die Oeffnung bei D gebunden ist und der Luft den Durchgang gestattet, aber Staub und andere fremde Körper abhält, auch das Quecksilber am Heraustrreten hindern würde, wenn beim Umkehren des Instrumentes zufällig etwas im kürzern Schenkel geblieben wäre. So weit hat das Barometer nichts Eigenthümliches, d. h. es ist allen Wechsellern des Drucks und der Temperatur unterworfen; allein das Besondere meines Barometers besteht darin, daß es die Correction wegen der Temperatur auf eine eben so einfache, als genaue Weise selbst angibt; wenn man dasselbe nämlich langsam umkehrt, so daß es sich wie in Fig. 93. darstellt, so tritt das im dem untern oder kürzern Schenkel befindliche Quecksilber durch die haarförmige Verbindungsrohre in den längern Schenkel; an dieser Verbindungsrohre ist eine

*) Hrn. Penot wurde wegen seines Thermometers von der Gesellschaft eine Ehrenerwähnung zuerkannt, weil er als Mitglied derselben auf den von ihr ausgeschriebenen Preis keinen Anspruch machen konnte.

gewöhnliche Thermometerskala angebracht, und auf diese Art wird das Barometer, sobald es umgekehrt ist, zu einem wahren Thermometer, indem man die Ausdehnung und Temperatur des Quecksilbers von der Thermometerskala genau ablesen kann.

Man glaube nicht, daß, weil man gewöhnlich die Thermometer luftleer macht und hermetisch schließt, ein mit der Luft communicirendes deshalb weniger genaue Resultate gebe. Ein vollkommenes Vacuum ist beim Barometer eben so wesentlich nöthig, als beim Thermometer unnöthig (d. h., wenn dieses nicht geschlossen ist). In einer frühern Abhandlung habe ich schon nachgewiesen, daß das Vacuum im Barometer, auch wenn das Quecksilber mit der Luft in Berührung ist, nicht an Reinheit verliert, weil das letztere weder Luft noch Feuchtigkeit verschluckt. — Die Skale dieses Thermometers wird angefertigt, wie bei denjenigen Instrumenten, die nicht bis zum Siedepunkt oder überhaupt nicht bis zu einer hohen Temperatur gehen, indem man es mit einem Normalthermometer in Medien von verschiedenen Temperaturen einsetzt. Am bequemsten geschieht dies, wenn man das ganze Instrument in der Lage, wie es in Fig. 93. dargestellt ist, bis an das Knie X in Wasser taucht, und es auf diese Art von 10 zu 10 Graden graduirt. Auf diese Art kann man süglich bis zu 50° über 0 steigen, und die Skale dann abwärts bis 15° unter 0 verlängern.

Wenn man mit diesem Instrumente eine barometrische Beobachtung anstellen will, so fängt man damit an, daß man es umkehrt und die Temperatur beobachtet. Hierauf bringt man es in seine eigentliche Stellung und beobachtet abermals die Temperatur. Sollte sich dieselbe in dem kurzen Zwischenraume ein wenig verändert haben, so nimmt man das Mittel der beiden Beobachtungen für die wahre Temperatur an. Man wird einsehen, daß das Instrument weder einfacher noch genauer sein kann, und daß der Gebrauch desselben durchaus keine Schwierigkeit hat.

Da das Quecksilber durchaus mit keiner metallischen Oberfläche in Berührung ist, so wird es rein bleiben. Wenn man indeß keine barometrischen Beobachtungen anzustellen hat, so thut man am besten, wenn man das Instrument als Thermometer fungiren läßt, weil alsdann das Quecksilber der Luft nur eine sehr kleine Oberfläche darbietet, die sich allmählig von innen heraus erneuert. Auf diese Art wird man die Oxidation des Metalles und das, trotz des Häutchens, mit der Zeit stattfindende Verstäuben noch besser verhindern. In dieser Lage ist das Instrument weniger gefährdet, durch ungeschickte Hände verletzt zu werden. Die haarförmige Röhre wird auch als Prüfungsmittel dienen, um zu erfahren, ob das Quecksilber anfangs vollkommen luftleer war, oder ob sich einige Luft für dem Raume verhält, welcher vollkommen luftleer sein soll; denn wenn man das Instrument als Thermometer senkrecht hält, so wird diese abgesperrte Luft den Druck der ganzen Quecksilbersäule auszuhalten haben, sowie man es aber in eine horizontale Lage bringt; wird die Luft sich ausdehnen, und die geringste Volumenveränderung durch die Bewegung des Quecksilbers in der Thermometer-röhre angezeigt werden.

Die zwischen den beiden mit einer Skale versehenen Abschnitten befindliche Röhre kann entweder nach ihrer ganzen Länge capillarisch oder, wie bei dem abgebildeten Instrumente; bloß da, wo die Thermometerskala angebracht ist, capillarisch und übrigens etwas stärker sein, ja man kann auch die obere Portion Fig. 92. in gleicher Stärke bis zum Knie X fortlaufen lassen. Man fürchte übrigens nicht, daß die Thermometer-röhre wegen ihres geringen Calibers dem freien Durchgange des Quecksilbers von einem Schenkel zum andern hinderlich

sei; denn die Röhre, welche ich capillarisch nenne, wird im Lichten $\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser erhalten, so daß beim Herabsteigen des Quecksilbers die Säule nicht durch die Luft, welche es vor sich hertreibt, getrennt werden kann. Das Caliber dieser Röhre muß sich im Allgemeinen nach ihrer Länge und der im ganzen Instrumente enthaltenen Quantität Quecksilber, diese aber nach den Volumveränderungen richten, welche durch die Temperaturveränderungen stattfinden dürften. Die sogenannte capillarische Röhre wird stärker sein, als irgend eine gewöhnliche Quecksilberthermometerrohre; daher wird die Skale deutlicher sein (?) und können die Grade wieder in 10 Unterktheilungen zerlegt werden.

In der Figur ist das Instrument mit zwei in Röhre und Linien getheilten Barometerkalen versehen, die an die beiden Röhrenschenkel von gleichem Caliber befestigt sind, in denen sich das Quecksilber mit dem atmosphärischen Drucke in's Gleichgewicht setzt. Dergleichen könnte man die bei den Heber- Barometern gewöhnliche bewegliche Skale daran anbringen, deren Nullpunkt man in das Niveau des Quecksilbers im untern Schenkel bringt, um an der Oberfläche des Quecksilbers im obern Schenkel die gesuchte Höhe abzulesen. In diesem Falle soll man, wie Herr Bellani angibt, das Niveau der untern Säule am Gipfel ihrer Convexität mittelst eines Tangentialringes ermitteln; das obere Niveau dagegen von dem Punkte aus abmessen, wo das Quecksilber sich von der Wand der Röhre ablöst, um sich concav oder convex zu gestalten, wobei jedoch jedesmal eine passende Correction stattfinden muß. Diese früher von De Croß entwickelte Ansicht stützt sich auf den Unterschied, welcher rücksichtlich der Wirkung der Capillarität zwischen den beiden Schenkeln der Röhre stattfindet, da der obere Schenkel in einem sorgfältig gearbeiteten und gehaltenen Barometer so trocken bleibt, daß das Metall das Glas so zu sagen benetzen kann, und häufig einen concaven statt eines convexen Meniscus bildet, während in dem untern Schenkel die Versenkung beständig bleibt, da die Oberfläche des Glases dort immer mit einer wässrigen Schicht beschlagen ist, deren Stärke beträchtlicher ist, als die sehr geringe Entfernung, auf welche sich die Anziehungskraft der Bildungstheiligen des Quecksilbers unter einander erstreckt. E. Hardy und Schleitermacher haben eine Tabelle entworfen, aus welcher man die wegen dieses Fehlers, nach Messung des Radius der Barometerrohre, und der Sehne des die Quecksilbersäule beendigenden Meniscus, vorzunehmende Correction erfieht.

§. 32. Verbessertes Taschenthalermometer.

(Hierzu Fig. 94.)

Der Mechanikus Wrench zu London, auf der Gray's Terrasse wohnhaft, hat neuerdings ein Thermometer erfunden, welches sich zu wissenschaftlichen Zwecken besser eignet, als irgend ein anderes. Der wirkliche Theil des Instruments besteht aus einem Stahlringe und Messingringe, welche beide aufgeschnitten sind, so daß sie sich ausdehnen können, und ungefähr wie bei der Compensationunruhe eines Chronometers, sich in gegenseitiger Berührung befinden, und durch Ausdehnung und Zusammenziehung mit Hülfe einer fein gearbeiteten Feder einen Zeiger bewegen, der die Wärme- oder Kältegrade auf einer emailirten Platte anzeigt. Das Instrument hat ungefähr die Größe einer gewöhnlichen Taschenuhr. Man wird dasselbe wegen seiner außerordentlichen Tragbarkeit höchst bequem und weit dauerhafter als ein Thermometer mit Glasröhre finden. Die damit angestellten Beobachtungen besitzen alle wünschenswerthe Genauigkeit.

Auf dieses Instrument kann man sich mehr als auf irgend ein anderes bisher gebräuchliches Thermometer verlassen; denn die Ausdehnung ist unter allen

Thermometer.

Umständen gleich, und vor den Instrumenten mit Glasröhren, wo häufig durch ungleiches Caliber der Röhre eine Veränderung in der Wirkung stattfindet, besitzt es durch das Wegfallen dieses Fehlers einen entschiedenen Vorzug.

Fig. 94. zeigt das Instrument, von welchem ein Theil des Zifferblatts besetzt ist, damit man die innern Theile sehen könne. Man wird sehen, daß das eine Ende des offenen Ringes fest an die untere Platte geschraubt ist, während das andere Ende sich frei bewegen kann. Der Ring besteht innerhalb aus Messing und außerhalb aus Stahl, und ein kleines vor seinem Ende vorstehendes Stück brückt gegen den Arm des hängenden gezahnten Kreisbogens, der in ein sehr kleines, in der Mitte der Platte befindliches Getriebe eingreift, welches auf der Achse des Zeigers sitzt. Mit der Achse steht eine sehr feine Spiralfeder in Verbindung, die den Zeiger nach der einen Richtung zieht, während die Ausbehnung des Ringes ihn nach der entgegengesetzten treibt.

Wenn sich durch eine Erhöhung der Temperatur die Peripherie des Ringes verlängert, so wird der Arm des hängenden Kreisbogens seitwärts getrieben, und dadurch zugleich das Getriebe gedreht, wodurch der Zeiger über die entsprechende Menge von Graden rückt. Wenn die Temperatur fällt, so weicht der Ring vom Arm des Kreisbogens zurück, und die um die Mittelachse gewundene Spiralfeder dreht das Getriebe nach der entgegengesetzten Richtung, und der gezahnte Bogen und Zeiger zeigen die Grade an, um welche die Temperatur gesunken ist.

Die Veränderungen der Temperatur werden durch dies Instrument nicht so geschwind angezeigt, als durch die Quecksilber- und Spiritusthermometer; allein da die Ausdehnung und Zusammenziehung des Metallrings ungemein gleichförmig von Statten geht, so gewinnt man an Genauigkeit, was man an Zeit verliert *).

§. 33. Glas durch Reibung zu zerschneiden.

(Hierzu Fig. 95.)

Vor einigen Jahren zeigte Hr. L u k e n s dem Doctor H a r e in Nordamerika, daß eine dünne Glas-Flasche oder Röhre in zwei Theile getheilt werden könnte, wenn sie in kaltes Wasser gebracht würde, nachdem sie durch die Reibung einer Schnur erhitzt worden, die um sie gelegt ist, und welche zwei Personen abwechselnd nach entgegengesetzter Richtung darüber hinziehen. Dr. H a r e wandte dieses Verfahren dazu an, weite Gefäße, von vier bis fünf Fuß im Durchmesser, zu durchschneiden, und machte es dadurch leichter und sicherer, daß er ein Brett wie einen Stiefelknecht ausschneiden ließ, wie die Fig. 95. zeigt, mit einem Ein-

*) Dieses Thermometer ist eigentlich eine Erfindung von Breguet zu Paris. Nachdem er zwei sehr dünne plattgeschlagene Drähte von Silber und Platina, oder überhaupt zwei Metalle, die sich durch Hitze verschiedentlich ausdehnen, zusammengelöthet hatte, fand er, daß alle Temperaturveränderungen solche zusammengesetzte Drähte sehr beizend biegen, indem das am meisten verkürzte, oder am wenigsten verlängerte Metall auf das andere wie die Sehne eines Bogens wirkt, und ihm eine gewölbte Gestalt mittheilt. Hierauf gab er einem zusammengesetzten Drahte eine spiralförmige oder korkzieherähnliche Gestalt, befestigte das obere Ende desselben an ein Stativ, brachte an dem untern einen Zeiger an, und fand, daß dieser durch eine gewisse Temperaturveränderung einen vollkommen Kreis beschrieb. Unter diesem Zeiger brachte er eine Art von Zifferblatt an, welches die Gradeinteilung enthielt, und es zeigte sich, daß dieses Instrument die Temperaturveränderungen so genau anzeigte, wie ein gutes Quecksilberthermometer. Seitdem hat man auch Modificationen desselben Principis mit Glas versucht, und das Instrument so vereinfacht und verkleinert, daß man es in einem Urgehäuse hat anbringen können.

schnitt, der den Seiten des Bretts parallel, und davon gleich entfernt, im rechten Winkel mit dem Ausschnitt des Bretts ist.

In diesem Bock wird das Glas leicht von der Hand des Arbeiters festgehalten; und durch den Einschnitt wird die Schnur genöthigt, beim Umlauf auf der Stelle des Glases zu verbleiben, wo der Durchschnitt stattfindet soll. Sobald die Schnur raucht, wird das Glas in Wasser getaucht, oder, wenn es zu groß ist, eingetaucht zu werden, mit Wasser begossen.

Diese Methode ist jederzeit dann vorzuziehen, wenn das Glas so beschaffen ist, daß das Wasser in die innere Seite gelangen kann. Da indeß das Eintauchen das Wirksamste ist, so hat Dr. Hare das Ende der Röhre, welche eingetaucht werden sollte, gewöhnlich verstopft.

Erklärung der Erscheinung. Wenn die Reibung lange genug fortgesetzt wird, so wird das Glas, obgleich ein schlechter Wärmeleiter, in demjenigen Theile durchaus erhitzt, wo die Reibung geschieht. Hier wird es natürlich ausgedehnt. Wird es in diesem Zustande schnell, bloß von der Außenseite durch kaltes Wasser abgekühlt, so zieht sich die unmittelbar berührte Lage der Partikeln zusammen, unterdessen die in der innern Seite nicht erkältesten keine gleiche Veränderung erleiden. Daher erfolgt gewöhnlich eine Trennung.

§. 34. Ueber ein Thermobarometer, zur Bestimmung der elastischen Kraft der Wasserdämpfe, von Collardeau.

Dieses Instrument ist ein großes Thermometer, welches in Fett graduiert wurde, das man bis auf 173° des hundertgradigen Thermometers erhitzte. Die Gradirung geschah nach einem Thermometer, das in die Flüssigkeit eingesenkt war.

Der Maßstab ist auf das Glas gezeichnet, und zeigt den Druck des Dampfes in Atmosphären für bestimmte Temperatur-Grade nach folgender Tabelle.

Temperatur des Dampfes.	Druck des Dampfes in Atmosphären.
100°	1
122	2
135	3
145,2	4
154	5
161,5	6
168	7
173	8

Hr. Collardeau fängt an seinem Maßstabe mit 10 Grad, oder mit 10 Zehntel des atmosphärischen Druckes an, der durch eine Quecksilber-Säule von 76 Centimeter Höhe gemessen wird. Der Maßstab hat also 1 Zehntel des auf diese Weise gemessenen Druckes zur Einheit.

Die Länge der Röhre beträgt 50 bis 60 Centimeter, und die Röhre selbst ist inwendig kegelförmig, so daß sie nach oben zu immer dünner wird. Hr. Collardeau wählte diese Form, um den oberen Graden mehr Länge zu geben.

Ein solches Instrument aus starkem Glase kostet 35 Franken ohne Montur. Eine kürzere und schwächere Röhre kommt auf 25 Franken.

§. 35. Wasserbarometer.

Prof. Daniell hat einen solchen aus einer 40 Fuß langen, künstlich zusammengesetzten gläsernen Röhre von 1 Zoll Durchmesser bestehenden Barometer im Innern der Wendeltreppe aufgehängt, welche zu den Zimmern der Royal So-

eity führt. Die Beobachtungen des Hrn. D. sind, nach einem der Gesellschaft erstatteten Berichte, schon jetzt sehr interessant. Bei windigem Wetter sieht man die Wasser säule in beständiger Bewegung, auch werden mehre bedeutende Schwankungen im Druck der Atmosphäre wahrgenommen, welche bei dem gewöhnlichen Quecksilberbarometer unbemerkt bleiben. Eben so zeigt sich das Steigen und Fallen des Wasserbarometers in der Regel eine Stunde früher als beim Quecksilberbarometer.

§. 36. Neuer, leicht transportabler Barometer.

In der Sitzung, welche die Royal-Society am 24. Mai 1831 hielt, wurde die Beschreibung eines Bergbarometers, dessen Säule zur sicheren und leichteren Transportirung in zwei Theile getheilt werden kann, vorgelesen. Der Erfinder dieses Barometers ist Hr. Thomas Charles Robinson. Der Zweck seiner Erfindung war, den Barometer, wenn er nicht gebraucht wird, um die Hälfte kürzer zu machen, und ihn so einzurichten, daß er in jeder Lage transportirt werden kann. Dieser Barometer besteht aus einer gläsernen Röhre von 18 Zoll Länge, die in einen stählernen Behälter oder in eine Cisterne von 2 Zoll Länge und einem Zolle im inneren Durchmesser gekittet ist; dieser Behälter ist innen mit einer Schraube versehen, welche zur Aufnahme einer gehärteten Stahlschraube und einer Halbkugel bestimmt ist, die an dem Ende einer Heber röhre angekittet ist. Der längere Schenkel dieser Röhre hat innen einen Durchmesser von 6 oder 8 Hundertel eines Zolles, und ist gegen das Ende bis zu $\frac{1}{2}$ Zoll ausgezogen, so daß keine Luft durch kann, wenn das Quecksilber in derselben fällt. Der kürzere Schenkel des Hebers hat die Weite der Röhre. Wenn nun beide Theile zusammengeschraubt sind, und das Ganze umgekehrt wird, so fällt das Quecksilber aus dem Behälter herab, füllt den langen Schenkel des Hebers, und steigt in dem kürzeren bis zu einer bestimmten Höhe. Die Luft, die sich in irgends einem, nicht mit Quecksilber angefüllten, Theile des Behälters befunden haben mochte, sammelt sich in einem Zwischenraume, außen an der Quecksilbersäule, und kann daher keinen Einfluß auf die Höhe derselben, die bloß durch den Druck der äußern Atmosphäre bestimmt wird, haben. Kehrt man den Barometer wieder langsam um, so wird das Quecksilber aus dem Heber langsam in den Behälter zurücktreten, indem es wie in einer Flasche durch einen Stöpsel zurückgehalten wird, so daß man das Instrument in dieser Stellung mit aller Sicherheit transportiren kann.

§. 37. Ueber einen neuen Registerpyrometer zum Messen der Ausdehnung fester Körper und zur Bestimmung der höheren Temperaturgrade an der gewöhnlichen Thermometerskala. Von J. Friedr. Daniell.

(Hierzu Fig. 96. und 97.)

Hrn. Guyton Morveau's Pyrometer bestand aus einem kleinen Platinastabe, oder einer solchen Platte von 45 Millimeter Länge, 5 Millimeter Breite und 2 Millimeter Dicke, die in eine Ausbuchtung eines Stückes stark gebrannten Porzellanes gebracht wurde. Ein Ende dieses Stabes ruhte auf dem soliden Ende, welches die Ausbuchtung schloß, und das andere Ende drückte auf den kurzen Arm eines gekrümmten Hebels, dessen längerer Arm sich in eine Spitze endigte, und sich an einem Zapfen über den graduirten Bogen eines Kreises bewegte. Durch diese Bewegung wurde jede Verlängerung des Armes, die in Folge der Erhöhung der Temperatur stand fand, angezeigt. Der kurze Arm

des Hebels war 2,5 Millim., der längere 50 Millim. lang; letzterer trug einen Nonius, mit welchem man $\frac{1}{10}$ Grad messen konnte. Alles dies bestand aus Platina. Eine Platte aus gleichem Metalle drückte nach Art einer Feder auf das Ende des Zeigers, damit derselbe bei dem Herausnehmen aus dem Feuer nicht verrückt werden konnte.

Dieser Pyrometer besteht aus zwei Theilen, die ich mit den Namen Register und Skala belegen will. Ersteres besteht aus einem soliden Stabe von graphithaltigem Lössergute von 8 Zoll Länge, $\frac{7}{10}$ Zoll Breite und eben so viel Dicke, welchen man aus einem gewöhnlichen Graphittiegel schneiden kann. In diesen Stab ist eine Furche von $\frac{3}{10}$ Zoll im Durchmesser und $7\frac{1}{2}$ Zoll Tiefe gebohrt; an seinem oberen Ende und an der einen Seite des Stabes ist ungefähr in der Länge von $\frac{1}{10}$ Zoll die Substanz desselben zur Tiefe des halben Durchmessers der ausgebohrten Rinne weggeschnitten. Wird nun eine $6\frac{1}{2}$ Zoll lange Stange irgend eines Metalles in diese Aushöhlung gesenkt, so stemmt sich dieselbe gegen deren soliden Ende. Auf die Spitze dieser Stange wird ein $1\frac{1}{2}$ Zoll langes, walzenförmiges Stück Porzellan gebracht, welches ich den Zeiger nennen will. Dieses Stück wird, da es in den offenen Raum oder über denselben hinaus reicht, durch einen Ring oder durch ein Band aus Platina an seiner Stelle erhalten, und dieses Band, welches um den Graphitstab und das Porzellanstück geht, kann dadurch mit jeder erforderlichen Kraft auf letzteres drücken, daß man einen kleinen Keil aus Porzellan zwischen den Stab und das Band, an der Seite des ersteren treibt. Es ist offenbar, daß, wenn eine solche Vorrichtung einer höheren Temperatur ausgesetzt wird, der Metallstab den Zeiger um so viel über den Graphitstab treiben wird, als er sich in der Hitze mehr ausdehnt, und daß der Zeiger nach dem Erkalten an der höchsten Stelle der Ausdehnung bleiben wird. Ich muß bemerken, daß die genaue Angabe des Betrages der Ausdehnung nicht im Geringsten durch die bleibende Zusammenziehung beeinträchtigt wird, die der Graphitstab allenfalls bei höheren Hitzegraden erleidet; denn jede solche Zusammenziehung wird während der größten Ausdehnung des Metalles geschehen, und der Zeiger wird daher doch noch den Punkt seiner höchsten Ausdehnung über diese zusammengezogene Basis anzeigen.

Die Aufgabe liegt nun in der genauen Messung der Entfernung, um welche der Zeiger von seiner ursprünglichen Stellung an vorwärts getrieben wurde. Ob schon diese Entfernung in jedem Falle nur gering sein kann, so ist dies doch kein Grund, aus welchem dieselbe nicht mit derselben Genauigkeit bestimmt werden könnte, welche man heut zu Tage sowohl bei astronomischen als geodätischen Operationen bei ähnlichen Quantitäten gewohnt ist. Ich habe die Skala zu diesem Behufe aus zwei messingenen Maßstäben verfertigt, welche an ihren Rändern unter einem rechten Winkel genau zusammengefügt sind, unter rechten Winkeln auf zwei Seiten des Graphitstabes passen, und beiläufig halb so lang wie dieser sind. An dem einen Ende dieses doppelten Maßstabes ragt eine kleine, messingene Platte unter einem rechten Winkel hervor, welche Platte, wenn die beiden Seiten des ersteren auf die beiden Seiten des Registers zu liegen kommen, auf die Schulter herab gelangt, die durch die, an seinem oberen Ende ausgeschnittene Einkerbung gebildet wird. Auf diese Weise ist mithin das Ganze durch drei Berührungsflächen an dem Graphitstabe fest angebracht.

An der äußeren Seite dieses Gestelles ist ein anderer messingener Maßstab fest angeschraubt, welcher über denselben hinausragt, und etwas gebogen ist, so daß sein Ende der Aushöhlung in dem Graphitstabe gegenüber zu liegen kommt, wenn er auf diesen gebracht wird. Dieser Maßstab trägt einen beweglichen Arm,

ber genau $5\frac{1}{2}$ Zoll lang ist, und sich an seinem befestigten Ende um einen Mittelpunkt dreht, während er an dem anderen Ende einen Kreisbogen trägt, der in Grade und Drittelgrade getheilt ist, und dessen Radius genau 5 Zoll mißt. An dem Mittelpunkte dieses Kreises um den Arm, und folglich in einer Entfernung von einem halben Zolle von dem Mittelpunkte der Bewegung, dreht sich ein anderer leichterer Arm, der genau dem Radius des Kreisbogens gleich ist, und an dem einen Ende einen Nonius trägt, welcher sich auf der Fläche des Bogens bewegt, und die erstere Gradabtheilung in Minuten theilt. Das andere Ende durchkreuzt den Mittelpunkt, und endigt sich genau in der Entfernung von $\frac{1}{10}$ des Radius oder in der Entfernung zwischen den beiden Mittelpunkten der Bewegung in eine stumpfe stählerne Spitze, die unter einem rechten Winkel nach einwärts gebogen ist. Die Grade sind mit der größten Genauigkeit nach Hrn. Troughton's Theilungsmaschine abgetheilt. Dieser Theil des Apparates kann als ein Reduktionszirkel (a pair of proportional compasses) betrachtet werden, der an dem Ende des messingenen Maßstabes und Gestelles befestigt ist, und dessen längerer Schenkel, der den Bogen und den Nonius trägt, sich zu dem kürzeren wie 10 zu 1 verhält. Und da dieser letztere als die Sehne eines kleinen Kreises zu betrachten ist, so wird er von ersterem in gleichem Verhältnisse vergrößert, und an der Skala gemessen. In den größeren Arm ist eine kleine Stahlfeder eingelassen, welche auf den kleineren Arm drückt, so daß dadurch der Nonius auf den Anfang der Graduirung gerichtet, und wenn er zurückgedrückt worden, wieder in seine ursprüngliche Stellung gebracht wird.

Die beigelegten Zeichnungen, welche sämtliche Theile um ein Drittheil kleiner, als in natürlichem Zustande zeigen. Fig. 96. zeigt die Skala. AA ist der messingene Hauptmaßstab, an dessen unterer Seite das Gestell aaaaaa' mittelst der Schrauben bb angebracht ist, und der an seinem gekrümmten Ende c den Arm B trägt, welcher sich um den Mittelpunkt d bewegt, und sich in den Kreisbogen e e endigt. CC ist der leichtere Arm, der sich um den Mittelpunkt f auf dem Arme B bewegt, und an dem einen Ende den Nonius g, an dem anderen die stählerne Spitze h trägt. Die Entfernung dieser letzteren von dem Mittelpunkte f beträgt genau einen halben Zoll oder $\frac{1}{10}$ von dem Radius fg, und ist der Entfernung der beiden Mittelpunkte fd von einander gleich. i ist eine kleine Linse, welche zurückgelegt dargestellt ist, die aber durch die Mittelpunkte k und l senkrecht über den Nonius gehoben werden kann, um dadurch das Lesen desselben zu erleichtern. mm ist die Stahlfeder, die in einer, in dem Arm B geschnittenen Oeffnung befestigt ist, auf einen kleinen Stift n in dem Arme C drückt, und den Radius auf den Anfang des Bogens zurückzieht.

Fig. 97. zeigt das Register. DDDD ist der Graphitstab mit seiner Aushöhlung oo; bei pp ist derselbe bis zur Hälfte der Tiefe der Aushöhlung weggeschnitten. qq ist der porzellanene Zeiger, welcher auf die Spitze des Metallstabes gebracht, und durch den Druck des Platinabandes r, das durch die Kraft des kleinen porzellanenen Keiles s wirkt, in seiner Lage erhalten wird.

Soll nun eine Beobachtung gemacht werden, so wird die Metallstange in die Aushöhlung des Registers gebracht, der Zeiger auf dieselbe niedergedrückt, und mittelst des Platinabandes und des Porzellankeiles in dieser Stellung fest gemacht. Dann bringt man die Skala an, indem man die messingenen Maßstäbe an die Seiten des Graphitstabes anpaßt, und sie dadurch befestigt, daß man das Querstück (a') auf die Schulter drückt. Während man nun das Ganze mit der linken Hand hält, muß der bewegliche Arm so gestellt werden, daß die stählerne Spitze (h) des einen Schenkels des Zirkels, auf den Rand des porzellanenen Zei-

gers zu liegen kommt, gegen den sie durch die Feder mit einiget Gewalt gedrückt wird. Dann bewegt man den Arm sachte mit der rechten Hand vorwärts, wodurch die Spitze längs des Endes des Zeigers gleiten wird, bis sie in eine kleine Aushöhlung (t) fällt, die zu deren Aufnahme angebracht ist, und genau mit der Achse des Metallstabes in dem Register und mit dem Mittelpunkte der Bewegung des Zirkels an dem messingenen Maßstabe zusammenfällt. Die Minute des Grades, welche der Nonius nun an dem Bogen anzeigt, muß bemerkt werden; eben dies muß auch geschehen, nachdem das Register einer erhöhten Temperatur ausgesetzt und wieder abgekühlt worden. Die Zahl der Grade oder Minuten, welche der Nonius dann anzeigt, wird durch eine einfache Berechnung aus der bekannten Länge der Radii und des Winkels, die Länge der Sehne, die zwischen der ursprünglichen Stellung der Zirkelschenkel und dem Punkte, bis zu welchem sie sich bewegt haben, enthalten ist, oder jene Entfernung angeben, um welche der Zeiger vorwärts getrieben wurde. — Dieses Verfahren scheint zwar in der Beschreibung sehr zusammengesetzt, allein in der Praxis ist dasselbe sehr einfach, so daß es bei einiger Übung kaum mehr als einige Minuten Zeit erfordert. Da die Skala dieses Pyrometers ganz von jenem Theile abgefondert ist, welcher dem Feuer ausgesetzt ist, so fällt dadurch eine der erheblichsten Einwendungen weg, die bisher immer gegen andere Erfindungen dieser Art wegen der Ungewißheit des Hitzgrades und der Ausdehnung, deren sie fähig sind, gemacht wurden. Wegen der Einfachheit jenes Theiles, der einzig und allein einer größeren Hitze ausgesetzt wird, ist meine Vorrichtung auch wenigen Zerstörungen ausgesetzt, und erfolgt ja ein Unfall, so sind die Materialien, die zur Verbesserung nöthig sind, so wohlfeil, daß die Ausgabe höchst unbedeutend wird.

Die Berechnung der absoluten Ausdehnung des Stabes, welche von der Skala angegeben wird, kann auf folgende Weise geschehen: — So wie sich der Radius zu dem doppelten Sinus des halben abgelesenen Bogens, den man in einer Tabelle der natürlichen Sinus findet, verhalten wird, so wird sich der Radius B zu der Sehne desselben Bogens verhalten; und dieser getheilt durch 10 (da der Radius von B zehn Mal so lang als der Radius fh ist), wird die verlangte Länge geben. Setzen wir, daß der von der Skala abgelesene Bogen 4° beträgt, so wird

$$\begin{array}{l} \text{Radius} \quad \text{Sinus von } 2 \text{ Zoll} \\ 1,000000 : 0348995 \times 2 = 5 : 0,3489550 \div 10 = 0,0348995. \end{array}$$

Arbeitet man dieses Verhältniß aus, so wird man bemerken, daß die Multiplication mit 2 und mit 5, indem sie beide beständig sind, zugleich mit der Theilung durch 10 ausgelassen werden kann; und läßt man endlich auch die Theilung durch 10 aus, so löst sich das Ganze in ein Auffuchen des Sinus des halben Bogens, der von der Skala abgelesen wird, in einer Tabelle der natürlichen Sinus auf, wobei man denselben als eine Decimale eines Zolles zu lesen hat.

Uebrigens stehen die Sehnen kleiner Bogen so genau im Verhältnisse zu ihren Bogen, daß sie, da die Zahl der Grade, die auf der Skala gemessen wird, nie 10 übersteigt, ohne merklichen Irrthum als die Zeichen gleicher Zunahmen der Ausdehnung betrachtet werden können. Folgende kurze Tabelle des Wertes eines Grades und der Minuten eines Grades möchte in der Praxis einigen Nutzen gewähren.

0	1	=	Zoll.
1	0	=	0,00872
0	30	=	0,00436
0	20	=	0,00290

0	15	=	0,00218
0	10	=	0,00145
0	5	=	0,00072
0	2	=	0,00029
0	1	=	0,00014

Die Sehne von 10 Graden, die man aus dieser Tabelle durch Multiplication von 0,00872 mit 10 erhält, wird also 0,872 betragen, während dieselbe genauer 0,871 ausmacht; da aber dieser Unterschied nur $\frac{1}{10000}$ Zoll beträgt, so dürfte derselbe wohl in den meisten Fällen übergangen werden.

Ich will nun versuchen, den Grad von Vertrauen, den dieser neue Pyrometer verdient, dadurch zu zeigen, daß ich die Resultate seiner Angaben mit den Resultaten der besten Versuche über die Ausdehnung der Metalle vergleiche. Die Versuche der H. Dulong und Petit sind hierzu sehr geeignet. Diese gewandten Physiker gaben in ihrer berühmten Preisschrift über die Messung der Temperaturen und über die Gesetze, nach welchen sich die Wärme mittheilt, nach Versuchen die Ausdehnung an, welche Platina- und Eisenstangen in verschiedenen Zwischenräumen zwischen dem Gefrierpunkte des Wassers und dem Siedepunkte des Quecksilbers erleiden. — Gegen die Art und Weise, auf welche diese Herren experimentirten, läßt sich keine Einwendung machen; allein zu bedauern ist es, daß sie ihre Endresultate wegen eines Irrthumes in der Berechnung, den Hr. Erichson auffand, nicht corrigirten, um so mehr, da dieser Fehler nicht so unbedeutend ist, als daß er nicht einigen Einfluß auf die Theorie, die sie auf diese Resultate gründeten, haben müßte. Dieser Irrthum, welcher den Betrag der Ausdehnung in Volumen betrifft, beschränkt sich jedoch bei der kugelförmigen Ausdehnung, welche der Gegenstand gegenwärtiger Untersuchung ist, auf den dritten Theil, und kann daher hier unberücksichtigt bleiben.

Folgende Tabelle über die Ausdehnung des Eisens und der Platina ist aus dem Werke dieser Herren entnommen.

Temperatur, die von der Ausdehnung der Luft hergeleitet ist.	Mittlere absolute Ausdehnung des Eisens für 180 Grade.	Mittlere absolute Ausdehnung der Platina für 180 Grade.
Von 32° bis 212°.	$\frac{281}{100}$	$\frac{377}{100}$
Von 392° bis 572°.	$\frac{227}{100}$	$\frac{363}{100}$

Hieraus folgern wir die linienförmige Ausdehnung der Platina für 180° F. von 32° bis 212° mit 0,00088420, und für 180° von 392° bis 572° mit 0,00091827; und jene des Eisens, von 32° bis 212° mit 0,00118203, von 392° bis 572° mit 0,00146842, woraus sich für beide im Vergleiche mit einem Luftthermometer eine zunehmende Ausdehnung ergibt.

§. 38. Ueber einen neuen sich selbst registrirenden Thermometer. Von Hrn. E. Davy.

(Hierzu Fig. 98.)

Ich habe eine Verbesserung an den sich selbst registrirenden Thermometern angebracht, welche mir neu zu sein scheint, und welche ich hier beschreiben will. Ich muß jedoch voraus noch bemerken, daß sich das Princip dieser Verbesserung auch auf den Barometer anwenden läßt, so daß vielleicht hiernach ein Instrument verfertigt werden kann, welches ein beinahe vollkommenes meteorologisches Tage-

buch gibt. Ebenso möchte sich auf dieses Princip wahrscheinlich auch ein selbstthätiger Hitzeregulator für Backöfen, Treibhäuser u. gründen lassen.

A Fig 98. Ist eine feststehende Kugel, mit welcher eine an ihrem untern Ende d offene Röhre c c c in Verbindung steht. Diese Kugel ist bei a mit Luft, an den übrigen Theilen hingegen mit Quecksilber gefüllt. B und DD sind fixirte Punkte oder Theile des Gefäßes.

E ist eine Röhre, die am Boden verschlossen, an der Spitze hingegen offen, und zum Theil mit Quecksilber gefüllt ist. Diese Röhre ist mittelft der Drähte ffff an einer zarten Spiralfeder g aufgehängt. Die Röhre c ist in die Röhre E eingesenkt, und taucht unter das Quecksilber unter.

Wirkt nun auf die in A enthaltene Luft Wärme ein, so dehnt sich dieselbe aus, und folglich wird ein Theil des in der Kugel enthaltenen Quecksilbers in die Röhre E hinabgedrückt, während bei Zunahme der Kälte gerade die entgegengesetzte Wirkung eintritt.

An einer Platte, die sich mittelft eines Uhrwerkes innerhalb 24 Stunden horizontal von k nach l bewegt, ist ein Stück Papier oder ein Kartenblatt befestigt, welches vorher so eingetheilt wurde, wie man es bei h m sieht. Dieses Papier oder Kartenblatt ist bei h wie an einem Thermometer von 10 bis 100 Grade Fahrenheit eingetheilt, während es bei m nach den Stunden oder Minuten des Tages abgetheilt ist.

An der Röhre c oder den Drähten ffff ist ein kleiner Morban'scher Bleistift befestigt, der durch eine schwache Feder gerade so stark gegen das Papier gedrückt wird, daß er einen schwarzen Strich hervorbringt, so wie sich das Papier bewegt. Auf diese Weise werden die Veränderungen, welche die Temperatur erleidet, durch die wellenförmige Linie s s angegeben werden.

Dieses Instrument muß Anfangs nach einem gewöhnlichen Quecksilber-Thermometer gestellt werden; auch müssen die Angaben desselben die ganze Skala entlang mit einem solchen Thermometer verglichen werden, weil die Skala vielleicht in ungleiche Zwischenräume abgetheilt werden muß, wenn sie mit dem gewöhnlichen Thermometer correspondiren soll.

Vielleicht kann man statt des Quecksilber-Thermometers auch ein anderes metallisches Thermometer, welches man in jede beliebige Stellung bringen kann, mit Vortheil anwenden.

§. 39. Luftthermometer. Von Gay-Lussac.

(Hierzu Fig. 99.)

Dieses Instrument dient besonders zur Bestimmung sehr niedriger Temperaturen: dasjenige, dessen ich mich seit meinen Versuchen über die Ausdehnung der elastischen Flüssigkeiten durch die Wärme bediene, ist in Fig. 99. abgebildet. Es besteht aus einem gut calibrirten gläsernen Cylinder T, welcher an einem Ende in eine Glasugel ausgeblasen ist. Der Hohlraum des Cylinders muß wenigstens die Hälfte von dem der Kugel betragen, so daß wenn jener in 120 Theile abgetheilt ist, dieser ungefähr 200 solcher Theile entsprechen muß.

He man sich des Instrumentes bedient, muß man es vollkommen austrocknen. Dies geschieht, indem man an dem Thermometer eine mit Chlorcalcium (geschmolzenem salzsauren Kalk) gefüllte Röhre anbringt; welche mit einer Luftpumpe in Verbindung steht. Wenn man nach einander vier bis fünf Mal die Luft aus dem Apparate auspumpt, wird das Thermometer gehörig ausgetrocknet sein, besonders wenn man die Vorsicht gebrauchte, es zu erwärmen. Man bringt dann in die Thermometerrohre eine Quecksilbersäule von ungefähr

2 Centimeter Länge, entweder mittelst eines Trichters, dessen Schnabel fein ausgezogen ist, oder auf die Art, daß man das Thermometer erhitzt und sein Ende in ein Quecksilberbad taucht. Diese Quecksilbersäule, welche als Index dient, bringt man nun in der Röhre mittelst eines doppelten, gedrehten Klavierdrahtes F von Stelle zu Stelle und fixirt sie an der beliebigen Abtheilung. Ich will nun die Anwendung des Thermometers an einem Beispiele zeigen und den Fall setzen, man wolle die Kälte bestimmen, welche durch Verdunstung der flüssigen schwefelichten Säure auf der mit Schwamm oder Zeug umgebenen Kugel des Instrumentes entsteht.

Nachdem das Thermometer in senkrechte Lage gebracht ist und der Index den obern Theil der Röhre einnimmt, befeuchtet man die Kugel mit schwefelichter Säure. In dem Maße als die Kälte fortschreitet, bewegt sich der Index gegen die Kugel und wenn er stationär geworden ist, treibt man ihn gegen b mit dem Eisendraht möglichst tief hinab, ohne ihn in die Kugel gelangen zu lassen, denn alle von dem Index eingeschlossene Luft muß auf derselben Temperatur sein. Man gibt der Röhre einige schwache Stöße, um den Index definitiv zu fixiren und bemerkt sich dann die Abtheilung, wo sein unteres Ende stehen blieb. Man läßt dann das Thermometer nach und nach auf die es umgebende Temperatur zurückkommen; um letzteres aber genauer zu erhalten, taucht man das Thermometer bis zum Index in Wasser von bekannter Temperatur und liest, nachdem man der Röhre schwache Stöße gegeben hat, die dem unteren Ende des Index entsprechende Abtheilung ab.

Es sei 208 die Abtheilung, wo der Index bei der niedrigsten Temperatur stehen blieb; 274,8 diejenige, bis zu welcher er im Wasser emporstieg, und 13° C. die Temperatur dieses Wassers.

Nimmt man 267 für das Volumen der Luft in dem Thermometer bei 0° , so wird die Temperatur des Wassers mit diesem Thermometer durch $267 + 13 = 280$ ausgedrückt sein; und weil die Temperaturen den Luftvolumen proportional sind, hat man

$$274,7 : 208 = 280 : x = 212.$$

Die mit dem Luftthermometer beobachtete Kälte wird also gleich 212° sein, und um sie in Centesimalgraden auszudrücken, braucht man nur 212 von 267 abzuziehen; die Differenz 55° ist dann die Kälte unter Null.

Sehr häufig kann man aber die der niedrigsten Temperatur entsprechenden Abtheilungen nicht genau ablesen, weil sie durch Reif oder durch Flüssigkeit, welche sie befeuchtet, unkenntlich gemacht werden. Das einfachste Mittel, diesem Uebelstande zu begegnen, besteht darin, den Eisendraht, womit der Index bewegt wird, mit einem Sperrhaken c zu versehen, so daß er nur um eine bestimmte Länge in die Röhre eindringen kann. Der Index wird nach den leichtesten Stößen, welche man der Röhre geben muß, um seine Lage zu regeln, sich nahe an dem Ende des Eisendrahtes fixiren; so weiß man im Voraus, welche Abtheilung dem Minimum der Temperatur entsprechen muß, obgleich man sie während des Versuchs nicht sehen kann. Ich muß jedoch bemerken, daß man, um den Index mit dem Eisendraht zu fixiren, letzteren sehr langsam in die Röhre einsenken muß; denn wenn der Fall der Quecksilbersäule zu rasch stattfände, so würde sie das Ende des Drahtes um sehr ungleiche Größen überschreiten; wenn man auch die angegebene Vorsichtsmaßregel gebraucht, so wechselt doch die Lage der Quecksilbersäule um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ Grad. Es wäre alsdann genauer, wenn man die Länge der Quecksilbersäule in Thermometergraden messen und jedes Mal die ihrem oberen Ende entsprechende Abtheilung (ich setze voraus, daß dieses sichtbar

bleibt) ablesen würde. Man hätte dadurch die dem unteren Ende entsprechende Abtheilung sehr genau. Endlich kann man das Thermometer auch so einrichten, wie es in Fig. 98. der Buchstabe G zeigt; d. h. die gewöhnliche Röhre mit der Kugel durch eine Haarröhre verbinden und die Quecksilbersäule nur bis h gelangen lassen, wo sich die beiden Röhren vereinigen; man müßte das Thermometer sehr geneigt halten, aber nur so stark, daß der Index gleiten kann. Dadurch vermindert man die Geschwindigkeit des Falles und folglich die Fehlerquellen. Es versteht sich von selbst, daß wenn man die höhere Temperatur bestimmt, das Thermometer genau in derselben Lage sein muß, wie für die niedrigere Temperatur. Die so eben angegebene Einrichtung eignet sich besonders für den Fall, wenn der Quecksilberindex bei einer großen Kälte gefrieren könnte.

§. 40. Ueber die elastische Kraft des Quecksilberdampfes bei verschiedenen Temperaturen. Von Hrn. Avogadro.

Man weiß durch die Versuche der H. H. Dulong und Petit, daß das Quecksilber unter dem atmosphärischen Druck bei 360° der hunderttheiligen Skale, am Quecksilberthermometer gemessen, oder bei 350° derselben Skale nach dem Luftthermometer, der nach der Ausdehnung des Glases corrigirt ist, kocht; d. h. daß bei dieser Temperatur die elastische Kraft oder das Maximum der Tension des Quecksilberdampfes gleich dem atmosphärischen Druck ist oder dem Druck, welcher eine Quecksilbersäule von ungefähr 0,67 Meter ausübt. Man hat aber meines Wissens noch keine Untersuchungen über den Gang angestellt, welchen die elastische Kraft oder die Tension des Dampfes dieses flüssigen Metalles bei anderen Temperaturen über oder unter seinem Siedpunkte befolgt, wie man sie für die elastische Kraft oder Tension des Dampfes des Wassers und einiger anderen Flüssigkeiten unternommen hat. Eine solche Untersuchung muß jedoch die Physiker theils an und für sich, theils deswegen interessieren, weil sie unsere Kenntnisse über dieses so häufig bei unseren Versuchen angewandte Metall ergänzt, hauptsächlich aber, weil die Resultate, welche man erhält, vielleicht im Vergleich mit denjenigen, die man für die Tensionen der Dämpfe anderer Flüssigkeiten gefunden hat, dazu dienen können, unsere Theorie über die Verdampfung der Flüssigkeiten zu bestätigen oder zu berichtigen.

Die Abhandlung, woraus ich hier einen Auszug mittheile, hat zum Gegenstande, die Resultate einiger Versuche, die ich in dieser Absicht anstellte, auseinanderzusetzen, sowie auch meine Bemühungen, diese Resultate unter einander in Uebereinstimmung zu bringen, indem ich darauf die verschiedenen entweder rein empirischen, oder zum Theil auf theoretische Ansichten gegründeten Formeln anwandte, wodurch man den Gang der Tensionen des Wasserdampfes und anderer Dämpfe bei verschiedenen Temperaturen auszudrücken versuchte.

Meine Versuche wurden bei Temperaturen angestellt, die unter dem Siedpunkte des Quecksilbers waren, aber demselben doch hinreichend nahe kamen, um mit einiger Genauigkeit den Gang der Tensionen des Dampfes bestimmen zu können. Ich konnte bei dem Quecksilber keineswegs das Verfahren anwenden, wornach Dalton die Tensionen des Wasserdampfes zwischen 0° und 100° C. bestimmt hat, indem er nämlich untersuchte, um wie viel der im obern leeren Raume einer Barometeröhre gebildete Dampf, bei verschiedenen Temperaturen die Quecksilbersäule niederdrückt, welche Anfangs durch den atmosphärischen Druck auf 0,76 M. erhalten wurde; ich hätte nämlich dem obern Theil eines Barometers wenigstens eine Temperatur zwischen 200° und 300° und noch dazu eine sehr gleichförmige und bestimmte ertheilen und zu diesem Ende diesen Theil mit

einer Flüssigkeit umgeben müssen, welcher die Wärme mitgetheilt worden wäre, was beinahe unausführbar ist. Ich erwog aber, daß das barometrische Vacuum und die anfängliche Höhe der Quecksilbersäule zu 0,76 M. hier nur deswegen nöthig sind, damit der Dampf sich bilden kann, sobald er anfängt, eine merkliche Tension zu besitzen, wozu für den reinen und isolirten Dampf in der That die Abwesenheit jeder Pression, außer derjenigen des Dampfes selbst, nöthig ist. Anders verhält es sich aber bekanntlich, wenn der Dampf irgend einer Flüssigkeit sich mit einer permanenten Gasart und insbesondere mit Luft vermischen kann; er bildet sich dann, welchen Druck auch immer diese Luft oder Gasart ausüben mag, gerade so, als wenn die Flüssigkeit nur dem Druck des Dampfes selbst ausgesetzt wäre und übt für sich allein einen Druck aus, gleich demjenigen, dem er bei jeder Temperatur das Gleichgewicht halten würde, wenn er sich im leeren Raume gebildet hätte. Nach diesem Princip ist es klar, daß wenn man der Flüssigkeit, welche verdampfen muß, einen mit Luft erfüllten Raum verschafft, der über Quecksilber eingeschlossen ist, dessen Oberfläche mit einer Säule der nämlichen dem atmosphärischen Druck unterworfenen Flüssigkeit im Niveau ist, sich Dampf bilden wird, der sich in dieser Luft verbreiten und mit derselben vermischen muß, sobald die Temperatur hoch genug ist, um ihm eine merkliche Tension zu ertheilen; diese Tension des Dampfes vergrößert aber alsdann die Elasticität der Luft, welche anfänglich dem atmosphärischen Druck das Gleichgewicht hielt, und wenn man dieser Luft gestattet, sich auszudehnen, indem man die Oberfläche des Quecksilbers in dem Behälter niederdrückt und die Quecksilbersäule in der Röhre, womit letzterer communicirt, erhöht, so wird das Fallen einerseits und das entsprechende Steigen andererseits nicht nur durch die Vergrößerung des Luftvolumens in Folge der Temperaturerhöhung, sondern auch durch den Druck, den der gebildete Dampf ausübt, stattfinden; das Volumen, welches die Luft allein bei gegebener Temperatur und Druck annehmen muß, ist aber bekannt, folglich kann man daraus die Zunahme des Volumens und Druckes durch die Tension des Dampfes ableiten, oder mit andern Worten, diese Tension durch die Quecksilbersäule, der sie das Gleichgewicht hält, messen.

Um nach diesem Princip die elastische Kraft des Quecksilberdampfes bei verschiedenen Temperaturen zu bestimmen, bediente ich mich eines Apparates, der aus einem umgekehrten Glasheber bestand, dessen kürzerer Schenkel sich in eine Kugel endigte, der längere aber an seinem oberen Ende offen war. Die Krümmung des Hebers unter der Kugel nebst ungefähr zwei Drittel des Hohlraumes der Kugel selbst, wird mit Quecksilber angefüllt, das ziemlich auf dieselbe Höhe in dem offenen Schenkel steigt, so daß in dem oberen Theile der Kugel Luft, beiläufig unter dem atmosphärischen Druck, eingeschlossen ist. Diese Luft kann sich durch die Temperaturerhöhung und die Bildung des Dampfes höchstens so weit ausdehnen, daß sie die Kugel fast gänzlich ausfüllt, indem sie die Oberfläche des Quecksilbers niederdrückt, ohne sich in der Röhre zu verbreiten. Sie ist folglich immer in Berührung mit einer Quecksilberfläche, gleich derjenigen des horizontalen Durchschnittes der Kugel an der Stelle, wo das Quecksilber stehen bleibt, und dieser Durchschnitt steht überall in einem solchen Verhältnisse zu den Dimensionen des von der Luft eingenommenen Raumes, daß der Quecksilberdampf während eines langsamen und allmählichen Erhitzens leicht in diesen ganzen Raum gelangen und sich mit der Luft bei der höchsten jeder Temperatur entsprechenden Tension vermischen kann, oder um mich eines allgemein üblichen Ausdruckes zu bedienen, daß sich diese Luft bei den verschiedenen Temperaturen vollständig mit Dampf sättigen kann. Der Heber wird mit einer messingenen Stale

versehen, welche in Millimeter eingetheilt ist, die an dem längeren und offenen Schenkel verzeichnet sind, so daß man das Steigen des Quecksilbers in diesem Schenkel und folglich die Ausdehnung der in der Kugel eingeschlossenen Luft, welche durch die Wärme und Dampfbildung verursacht wurde, messen kann, vorausgesetzt, daß man weiß, welches Volumen die Luft anfänglich in der Röhre eingenommen hätte.

Um letzteres zu erfahren, stellte ich einen vorläufigen Versuch an; ich brachte nämlich meinen Apparat in siedendes Wasser; bei dieser Temperatur ist bekanntlich die Tension des Quecksilberdampfes noch nicht schätzbar. Aus dem Steigen des Quecksilbers in der Röhre konnte ich nun nach dem Gesetze der Ausdehnung der Luft und nachdem jede Correction für die Veränderung des Luftdruckes und für die Verlängerung der Quecksilbersäule durch die Wärme, gemacht war, die Länge berechnen, welche auf der Röhre dem Volumen der Luft in der Kugel bei 0° und dem anfänglichen Zustande des Apparates entspricht. Dieses Volumen fand sich übrigens gerade so groß, als es eine annähernde Berechnung nach den relativen Dimensionen der Kugel und der Röhre ergab.

Die in der Kugel des Apparates über dem Quecksilber enthaltene Luft, sowie die Seitenwände der Kugel und der Röhre, wurden vollkommen ausgetrocknet, indem man die Röhre unter einer Glocke mit gebranntem Kalk lange genug offen ließ, wie man zu verfahren pflegt, um den Punkt der höchsten Trockenheit bei den Hygrometern zu erhalten; das Quecksilber wurde sodann sehr heiß hineingebracht, ohne daß die Luft in der Röhre mit der äußeren Luft in Berührung kam. Wendet man diese Vorsichtsmaßregel nicht an, so verdampft die den Seitenwänden der Kugel anhängende Feuchtigkeit durch die Hitze des siedenden Wassers, man erhält daher nach dem Aufsteigen des Quecksilbers eine scheinbare Ausdehnung der Luft, die viel größer ist, als sie nach ihrem anfänglichen Volumen sein müßte und in der Folge, wenn der Apparat höheren Temperaturen ausgesetzt wird, findet man hinsichtlich des Quecksilberdampfes ganz falsche Resultate.

Um die höheren Temperaturen zu erhalten und die entsprechenden Tensionen des Quecksilberdampfes zu bestimmen, tauchte ich den Apparat in ein Gefäß, welches Olivenöl enthielt, das bis über die Kugel reichte; an der Seite desselben befand sich ein bis über 300° C. graduirtes Thermometer; das Ganze wurde auch allmählig bis über diese letztere Temperatur erhitzt und die Höhe beobachtet, auf welcher das Quecksilber des Apparates an seiner messingenen Skale bei jeder Temperatur stand, die das Thermometer nach und nach anzeigte. Als die Temperatur auf 300° gekommen war, ließ man das Gefäß, welches das Olivenöl enthielt und den ganzen Apparat langsam abkühlen und bemerkte neuerdings auf der Skale das abnehmende Steigen des Quecksilbers, welches den verschiedenen Temperaturen entsprach, die das Thermometer bei diesem absteigenden Gange anzeigte. Die Fehler, welche durch die Differenzen begangen werden konnten, die zwischen den Angaben des Thermometers und der wahren Temperatur der Luft und des in dem Apparate jeden Augenblick enthaltenen Dampfes stattfinden mochten, lagen bei dem Steigen und Fallen offenbar in entgegengesetzter Richtung und konnten daher großen Theils ausgeglichen werden, indem ich von jedem Paar correspondirender Resultate das Mittel nahm.

Bei diesen Versuchen mußten die in der Kugel enthaltene und durch die Wärme ausgebehnte Luft, und der Quecksilberdampf, welcher sich allmählig damit vermischte, das Quecksilber in dem offenen Schenkel um so viel in die Höhe treiben, als das anfängliche Luftvolumen sich ausgebehnt hatte. Um diese Be-

obachtungen zu unserem Zweck zu benutzen, hatte man von dem beobachteten Steigen oder Zunehmen des Volumens, die Zunahme abzugiehen, welche von der Ausdehnung herrührte, die die Luft allein bei der Temperatur und dem Druck, die in dem Apparat bei jeder Beobachtung stattfanden, erlitt. Uebrigens war noch eine Correction zu machen für die Verlängerung der Quecksilberssäule selbst durch die Wärme, welche allein schon, abgesehen von dem Druck des Quecksilbers in der Kugel, in dem offenen Schenkel ein kleines Steigen desselben hervorbringen mußte, und eine andere Correction für den allmählich zunehmenden Druck, welchem das in der Kugel enthaltene Gemenge von Luft und Dampf in dem Maße, als das Quecksilber in dem längeren Schenkel stieg, ausgesetzt war. Dieser Druck ergab sich aus der beobachteten Höhe des Quecksilbers über dem anfänglichen Niveau, wobei ebenfalls das geringe Sinken des Quecksilbers in der Kugel berücksichtigt wurde, das sich annähernd schätzen ließ; man mußte nur die Quecksilberssäule, welche diesem Druck entsprach und selbst ziemlich nahe die wirkliche Temperatur des Apparates besaß, auf ihrer Höhe bei 0° Temperatur zurückführen.

In meiner Abhandlung sind diese Berechnungen und Correctionen, wie sie nach den Dimensionen meines Apparates und den Umständen; unter welchen ich operirte, angestellt werden mußten, im Detail angegeben. Ich will hier nur die definitive Formel mittheilen, wonach alle Versuche berechnet worden sind.

Es sei L das Volumen der mit Dampf gemischten Luft bei jeder Temperatur, nach der Beobachtung, in Millimetern der Länge der Röhre ausgedrückt, nämlich die Summe von dem anfänglichen Volumen der Luft, in denselben Theilen ausgedrückt, und der beobachteten Höhe des Quecksilbers in der Röhre, corrigirt nach der Ausdehnung der Quecksilberssäule durch die Wärme; l die Länge, welche die Luft allein bei der Temperatur der Beobachtung und unter dem Druck, der durch das Steigen des Quecksilbers in dem Apparate verursacht wird, nach den Gesetzen von Gay-Lussac und Mariotte hätte einnehmen müssen; die Differenz $L - l$ zwischen diesen beiden Größen, wird die Menge des gebildeten Dampfes sein, durch die Länge ausgedrückt, welche sein Volumen in der Röhre unter dem gemeinschaftlichen Totaldruck einnehmen würde, wenn er isolirt unter diesem Druck bestehen könnte. Nun hat man folgende Proportion: die ganze Länge L , welche das Gemenge von Luft und Dampf einnimmt, verhält sich zur Länge $L - l$, die der Dampf für sich allein unter demselben Totaldruck einnimmt, wie der Gesamtdruck, den wir mit P bezeichnen, zu demjenigen Theile des Drucks, welchem dieselbe Dampfmenge wirklich unterworfen ist, wenn sie in dem ganzen Volumen des Gemenges verbreitet ist, d. h. zur wirklichen Tension des Quecksilberdampfes, indem wir annehmen, daß das Quecksilber auf dem Maximum der Tension für die Temperatur, bei der die Beobachtung gemacht wird, ist. Nennt man nämlich T diese gesuchte Tension, so hat man $L : L - l :: P : T$,

woraus sich ergibt $T = P \frac{L - l}{L} = P \left(1 - \frac{l}{L} \right)$, in welcher Formel

alle Größen des zweiten Gliedes nach dem Vorhergehenden bekannt sind. Man wäre übrigens auf dasselbe Resultat gekommen, wenn man unmittelbar den gesammten und theilweisen Druck berechnet hätte, dem die Luft und der in dem Gesamtvolumen des Gemenges zerstreute Dampf unterworfen ist. Diese Formel gründet sich auf die Annahme, daß für den Quecksilberdampf das Mariottische Gesetz gilt; es ist möglich, daß dieses Gesetz nicht für die Temperaturen und den Druck des Dampfes gilt, welche denjenigen, wobei er sich zu einer Flüss-

figkeit verdichtet, sehr nahe kommen; wir haben aber bis jetzt noch keine Daten, um die kleinen Fehler zu corrigiren, die dieser Umstand veranlassen könnte.

Als ich diese Berechnungen auf die unmittelbaren Resultate meiner Versuche anwandte, die in meiner Abhandlung angegeben sind, fand ich folgende Zahlen für die Tensionen des Quecksilberdampfes, welche den verschiedenen Temperaturen zwischen 230° und 290° von 10 zu 10 Grad entsprechen; die Tensionen sind in Quecksilbermillimeter, auf 0° Temperatur reducirt, ausgedrückt:

Temperaturen

230° C. 240° 250° 260° 270° 280° 290°

Tensionen des Quecksilberdampfes,

58,01 Millimet. 80,02 105,88 133,62 165,22 207,59 252,51.

Für die Temperatur von 300° ergab sich bei meinen Versuchen die Tension des Dampfes zu 309,40 Millim.; dieses Resultat ist aber mit den anderen nicht ganz vergleichbar, weil es nicht wie diese das Mittel aus zwei Beobachtungen, einer beim Steigen, und einer beim Fallen ist.

Ich stellte auch Beobachtungen bei Temperaturen unter 230° an, überzeugte mich aber, daß die Tension dabei zu gering wurde, als daß man bei dem wachsenden Einfluß der Beobachtungsfehler auf eine gewisse Genauigkeit der Resultate hätte zählen können.

Nachdem ich nun durch Versuche die Kraft des Quecksilberdampfes bei ziemlich hohen und von einander entfernten Temperaturen bestimmet hatte, suchte ich vorerst ihren Gang durch eine empirische Formel auszudrücken, wodurch man wenigstens näherungsweise die Tension dieses Dampfes für andere Temperaturen, als diejenigen, wobei die Beobachtungen angestellt wurden, und für den ganzen Zwischenraum von der Temperatur, wobei diese Tension merklich zu werden anfängt, bis zu dem Siedepunkte des Quecksilbers, wo sie gleich dem gewöhnlichen atmosphärischen Druck wird, bestimmen kann.

Zuerst versuchte ich eine Formel, die man sehr geeignet fand, um den Gang der Tensionen des Wasserdampfes bei großen Temperaturunterschieden auszudrücken, nämlich $e = (1 + at)^m$. In dieser Formel bezeichnet e die Tension oder elastische Kraft des Dampfes auf dem Maximum, den Druck einer Atmosphäre oder von 0,76 M. Quecksilber zur Einheit genommen; t die Temperatur, welcher diese Kraft entspricht, vom Siedepunkte der Flüssigkeit an gerechnet; und a ist ein Coefficient, welcher wie der Exponent m durch Beobachtungen bestimmt sein muß. Diese Formel genügt übrigens schon wegen ihrer Form der nothwendigen Bedingung, daß $e = 1$, d. h. gleich dem atmosphärischen Druck für den Siedepunkt der Flüssigkeit ist, denn man hat $e = 1$, wenn $t = 0$, was auch immer der Werth von a und m sein mag.

Für den Quecksilberdampf findet man, wenn a und m in dieser Formel nach den beiden höchsten Tensionen für die Temperaturen 230° und 290° bestimmt werden und als Einheit der Temperaturen eine ganze Skale von 100 Graden angenommen wird, $m = 2,875$, $a = 0,4548$, so daß die Formel wird $e = (1 + 0,4548 \cdot t)^{2,875}$. Berechnet man nach dieser Formel die Tensionen des Dampfes für Temperaturen, worauf sich meine Beobachtungen beziehen, so findet man in der That für die Temperaturen 230° und 290° die beobachteten Tensionen und für die dazwischenliegenden Temperaturen Resultate, welche sehr wenig von den beobachteten abweichen, so daß die angegebene Formel als ein meinen sämtlichen Beobachtungen sehr nahe kommender Ausdruck betrachtet werden kann.

Wegen eines Umstandes kann jedoch diese Formel nicht als der wahre Aus-

druck des Gesetzes der Tensionen des Quecksilberdampfes betrachtet und besonders nicht auf Beobachtungen angewandt werden, welche Temperaturen entsprechen, die weit unter derjenigen liegen, wobei obige Versuche anfangen. Bekanntlich verbreitet das Quecksilber selbst bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft Dämpfe, welche sich durch ihre Wirkungen auf die thierische Oekonomie, durch ihre chemische Einwirkung auf die Metalle zc. zu erkennen geben; und nach den Versuchen des Hrn. Faraday hat diese Verdampfung erst gegen die Temperatur des schmelzenden Eises hin ihre Gränze. Obgleich nun die Tension des Quecksilberdampfes bei diesen Temperaturen und selbst bei der Temperatur des siedenden Wassers zu gering ist, als daß man sie in Quecksilbersäulen, die sich beobachten ließen, schätzen könnte, so müßte doch eine genaue und wenigstens innerhalb ziemlich entfernter Temperaturen dem Naturgesetze selbst entsprechende Formel, erst bei der angegebenen Gränze einer absolut abwesende Tension anzeigen. Diesem genügt aber unsere Formel $e = (1 + 0,4548 \cdot t)^{2,875}$ nicht; denn nach dieser Formel würde die Tension des Dampfes Null, wenn $t = -\frac{1}{0,4548} = -2,2$,

d. h. 220° unter dem Siedepunkte des Quecksilbers oder 140 Grad über der Temperatur des schmelzenden Eises ist. Folglich ergeben unsere Beobachtungen für die Thermometerskala, welche sie umfassen, in Bezug auf die Temperaturen einen viel schnelleren Gang der Tensionen als ihn obige Formel zuläßt, wenn man sie mit Faraday's Beobachtung in Uebereinstimmung bringen wollte; dieser Fehler der Formel würde noch größer werden, wenn man die Tensionen auf die Temperaturen beziehen wollte, welche von dem Luftthermometer, der nach der Ausdehnung des Glases corrigirt ist, angezeigt werden; anstatt daß meine Beobachtungen sich auf das gewöhnliche Quecksilberthermometer beziehen; weil bei hohen Temperaturen das Quecksilberthermometer dem Luftthermometer vorschreitet oder schneller geht als letzteres.

Uebrigens darf man sich nicht wundern, daß diese Formel nicht hinreicht, um den Gang der Tensionen des Quecksilberdampfes nach der ganzen Skale vom Schmelzpunkte des Eises bis zum Siedepunkte des Quecksilbers auszudrücken; denn da sie nur zwei willkürliche constante Größen enthält, die durch Beobachtungen zu bestimmen sind, so muß ihre Anwendung als empirische Formel nothwendiger Weise auf ein gewisses Temperatur-Intervall beschränkt sein, und man kann den Vortheil, welchen sie hinsichtlich des Gesetzes der Tensionen des Wasserdampfes besitzt, als zufällig betrachten.

Ich suchte daher meine Resultate über die Tensionen des Quecksilberdampfes durch eine andere Formel auszudrücken, in welche man so viele constante Größen bringen kann, als man für nöthig erachtet, um mit hinreichender Genauigkeit alle bekannten Beobachtungen zu repräsentiren. Es ist dieselbe, welche La Place in seiner Mécanique céleste Anfangs anwendete, um Dalton's Beobachtungen über die Tensionen des Wasserdampfes auszudrücken, und welche Hr. Biot sodann in seinem Traité de Physique mit drei Gliedern angewendet hat, die er für nöthig hielt, um genauer den Gang dieser Tensionen zwischen 0° und 100° auszudrücken. Wenn man mit A die Tension bezeichnet, die bei dem Siedepunkte der Flüssigkeit stattfindet, also dem atmosphärischen Druck

entspricht, so ist diese Formel $e = A \cdot a^{t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \text{etc.}}$, oder $\log. e = \log. A + (t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \text{etc.}) \log. a$, oder einfach $\log. e = \log. A + at + bt^2 + ct^3 + \text{etc.}$, worin e die Tensionen bezeichnet, welche den Temperaturen t , die vom Siedepunkte der Flüssigkeit an gezählt sind, entsprechen,

und $a, b, c, \text{ic.}$, constante Coëfficienten, die durch Beobachtungen zu bestimmen sind. Ich habe mich, wie Hr. Biot bei der Anwendung dieser Formel auf die drei ersten Potenzen von t beschränkt, und indem ich die drei constanten Größen bloß durch meine Beobachtungen bestimmte, fand ich, daß die Formel, welche sich daraus für die Tensionen des Quecksilberdampfes ergab, ebenfalls nicht mit Faraday's Beobachtung übereinstimmte. Ich will hier einige Details über diese Berechnung mittheilen.

Ich nehme auch hier eine ganze Atmosphäre von 0,76 M. oder die Tension beim Siedepunkte des Quecksilbers, zur Einheit der Tensionen und eine ganze Thermometerskala von 100° zur Einheit der vom Siedepunkte an gezählten Temperaturen; um aber die Veränderung des Zeichens nach den verschiedenen Potenzen von t zu vermeiden, nehme ich die t positiv beim Fallen. So wird die allgemeine Formel, weil $\log. 1 = 0$, ganz einfach $\log. e = at + bt^2 + ct^3$. Meine sieben Beobachtungen zwischen 230° und 290° würden sieben Gleichungen von dieser Gestalt liefern, welche man streng genommen nach der Methode der kleinsten Quadrate verbinden müßte, um die wahrscheinlichsten Werthe der Coëfficienten der Formel nach allen Beobachtungen zusammengenommen zu erhalten; ich begnüge mich aber zur Bestimmung der drei constanten Größen, die zwei äußersten Beobachtungen, welche 230° und 290° entsprechen, und diejenige für die Zwischentemperatur 260° , anzuwenden. Durch die Verbindung der drei Gleichungen, welche diese Beobachtungen mit liefern, finde ich mittelst der Logarithmentafeln $a = -0,64637$; $b = +0,075956$; $c = -0,18452$. Daraus ergibt sich die Formel:

$$\text{Log. } e = -0,64637. t + 0,075956. t^2 - 0,18452. t^3.$$

Berechnet man zuerst nach dieser Formel die Werthe von e , oder die Tensionen des Quecksilberdampfes für alle Temperaturen, worauf sich meine Beobachtungen beziehen und reducirt sie auf Quecksilber-Millimeter, so findet man Resultate, welche von den beobachteten nur um einen oder zwei Millimeter abweichen; diese Abweichung kann man den zufälligen Unregelmäßigkeiten zuschreiben, die von den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern herrühren.

Man wird sodann bemerken, daß meine Formel ihrer Natur nach für keine Temperatur eine absolute Abwesenheit von Dampf ergeben kann. Sie zeigt eben so wenig, nach den Zeichen und Werthen ihrer Coëfficienten, ein Minimum für die Tension an; denn zur Bestimmung dieses Minimums, wenn ein solches stattfinden sollte, hätte man die Gleichung $-0,64637 + 0,07596. 2t - 0,18451. 3t^2 = 0$, welche für t einen imaginären Werth gibt. Die Tensionen des Quecksilberdampfes müssen also nach dieser Formel mit der Temperaturerniedrigung immer mehr abnehmen und ganz unmerklich werden, ohne jemals mathematisch Null zu sein. Sucht man z. B. nach dieser Formel die Tension des Quecksilberdampfes bei der Temperatur des schmelzenden Eises, so findet man $e = 0,00000000011208$ Atmosph. $= 0,00000008518$ Millim., eine Tension, die man als physisch null betrachten kann, weil sie noch nicht den zehnmillionsten Theil eines Quecksilber-Millimeters erreicht.

Faraday's Beobachtung, daß das Quecksilber gegen die Temperatur des schmelzenden Eises hin aufhört, Dämpfe zu verbreiten, steht mit diesem Resultate keineswegs in Widerspruch; denn es ist nicht wahrscheinlich, daß man durch die Wirkung des Quecksilberdampfes auf die Metalle seine Gegenwart bis auf diese Temperatur herab, wo er so außerordentlich verdünnt ist, dazuthun im Stande ist. Uebrigens kann man auch annehmen, daß die von Hrn. Faraday gefundene Grenze, wenn man sie als absolut betrachten will, irgend einer physischen Ur-Thermometer.

sache zugeschrieben werden muß, die von dem Gesetze der Tensionen des Dampfes unabhängig ist und bei niedriger Temperatur geradezu den Dampf verhindert sich zu bilden, und ihm so selbst die geringe Tension benimmt, welche nach dem stetigen Gesetze der Tensionen bei dem einmal gebildeten Dampf noch hätte stattfinden können.

Sucht man nach unserer Formel auch noch die Tension des Quecksilberdampfes bei 100° oder der Siedhize des Wassers, so findet man $e = 0,00003889$ Atmosph. = 0,02944 Millim., d. h. unter drei Hundertel-Millimeter; diese Tension kann man als unmerklich bei allen Versuchen, die man über die Kraft des Dampfes anstellen dürfte, betrachten, was auch allgemein für dem Quecksilberdampf bei dieser Temperatur angenommen wird.

Obgleich meine Formel rein empirisch ist, so ist sie doch geeignet, um nicht nur alle beobachteten Tensionen des Quecksilberdampfes von 230° bis 360°, dem Siedepunkte dieses Metalles, auszudrücken, sondern auch alle bekannten Beobachtungen über die Existenz und schädlichen Wirkungen dieses Dampfes bei niedrigeren Temperaturen bis auf die Temperatur des schmelzenden Eises zu erklären. Ich glaubte mich daher derselben auch bedienen zu können, um nach der Gewohnheit der Physiker eine Tabelle der Tensionen des Quecksilberdampfes von 10 zu 10 Temperaturgraden zu berechnen, nämlich von 100°; über welche hinaus die Tension anfängt, etwas merkliche Bruchtheile von Quecksilber-Millimetern darzubieten, bis auf 360°, dem Siedepunkte dieses Metalles. Diese Tabelle, welche am Schluß dieses Auszuges folgt, kann als das Endresultat aller meiner Beobachtungen angesehen werden. Wahrscheinlich wird man nach der Tension des Quecksilberdampfes bei Temperaturen, wo sie anfängt merklich zu werden, gewisse in anderer Absicht angestellte Versuche berichtigen können, wobei man diese Tension vernachlässigt hat, weil man sie nicht kannte. Uebrigens wird man sich ohne Zweifel auf die Angaben dieser Tabelle bis auf einige Millimeter verlassen können; ich habe noch die Hunderttheile der Millimeter beigefügt, sowie sie die nach meinen Beobachtungen berechnete Formel ergab.

In der Tabelle sind die Temperaturen in Centesimalgraden ausgedrückt, während ich in obiger Formel als Temperatur-Einheit eine ganze Skale von 100° annahm; wenn man wollte, daß sich die Formel ebenfalls auf die Grade bezieht, so müßte man ihr die Form $\log. e = - 0,0064637. t + 0,0000075956. t^2 - 0,00000018452 t^3$ geben; diese Grade wären übrigens immer vom Siedepunkte des Quecksilbers 360°, abwärts gezählt, das heißt so, wie man sie erhält, wenn man von 360° die Grade abzieht, welche von 0° an gezählt sind, wie in der Tabelle. Außerdem enthält eine Spalte der Tabelle die Tensionen, wobei eine ganze Atmosphäre von 760 Millim. oder 0,76 Met. zur Einheit genommen ist, wie bei obiger Formel; und eine andere diese Tensionen auf Quecksilber-Millimeter reducirt. Wenn die Formel unmittelbar die Zahlen dieser letzteren Spalte ausdrücken sollte, müßte man nur ihrem zweiten Glied $\log. 760$ beifügen; und wollte man zur Einheit der Tensionen anstatt des Millimeters den Meter selbst nehmen, so müßte man statt jenes Logarithmus den $\log. 0,76$ setzen.

Ich will hier bemerken, daß wenn man das Maximum der Tension des Quecksilberdampfes für die verschiedenen Temperaturen kennt, sich daraus leicht die Dichtigkeit berechnen läßt, welche dieser Dampf haben wird, indem man zur Einheit die Dichtigkeit der Luft bei 0° und 0,76 Met. Druck annimmt, vorausgesetzt, daß man die Dichtigkeit kennt, welche dem Quecksilberdampf zukommt, wenn diejenige der Luft bei gleicher Temperatur und Druck zur Einheit genommen wird. Nimmt man z. B. an, daß die Dichtigkeit des Quecksilberdampfes ungefähr 7 ist, was aus den Versuchen des Hrn. Dumas hervorgeht, so findet man, daß die Dichtigkeit bei dem Maximum der Tension bei 100° C., wo,

nach unserer Tabelle, diese Tension 0,03 Millimeter beträgt, beiläufig 0,0002 sein würde; d. h. daß die Dichtigkeit des Quecksilberdampfes in einer Luft, die mit diesem Dampf bei 100° Temperatur gesättigt ist, 0,0002 der Dichtigkeit der Luft bei 0° und 0,76 M. Druck sein würde; und da ein Liter oder Kubikdecimeter Luft unter diesen Umständen 1,3 Gramm wiegt, so wären alsdann in dem Raume eines Kubikdecimeters 0,00026 Gr. oder ungefähr ein Viertel Milligramm Quecksilberdampf. Stellt man ähnliche Berechnungen für Temperaturen unter 100° an, zum Beispiel für 20° oder 15°, so erhält man gewissermaßen einen Maßstab für die Gefahr, womit das Einathmen einer Luft verbunden ist, welche dem Quecksilberdampf unter Umständen ausgesetzt ist, wo dieser Dampf darin auf eine seinem Maximum mehr oder weniger nahe kommende Tension steigen kann.

Die verschiedenen Gestalten, die wir oben unserer Formel für die Tensionen des Quecksilberdampfes gegeben haben, beziehen sich alle auf die Temperaturen, die das gewöhnliche Quecksilber-Thermometer anzeigt; man kann sie aber auch so abändern, daß sie sich auf die Temperaturen bezieht, welche das nach der Ausdehnung des Glases corrigirte Luft-Thermometer anzeigt. Es handelt sich in diesem Falle nur darum, zuerst auf eine annähernde Weise die Angaben des Quecksilber-Thermometers in einer Funktion der ihnen entsprechenden des Luft-Thermometers auszudrücken. Dieser Ausdruck läßt sich aus den Versuchen von Dulong und Petit über den gegenseitigen Gang der beiden Thermometer ableiten. Ich finde, daß wenn man mit t die Grade des Quecksilber-Thermometers bezeichnet, und mit τ die ihnen entsprechenden des Luft-Thermometers, beide vom Schmelzpunkte des Eises an gezählt, sich ergibt $t = 0,9885714 \cdot \tau + 0,000114286 \tau^2$; und wenn man die Grade t und τ vom Siedepunkte des Quecksilbers angefangen zählt, $t = 1,0685714 \cdot \tau - 0,0001142856 \cdot \tau^2$, oder wenn man zur Einheit sowohl von t als von τ eine ganze Skale von 100 Graden nimmt, $t = 1,0685714 \cdot \tau - 0,01142856 \tau^2$. Substituirt man diesen Werth von t in der Formel $\log. e = -0,64637 \cdot t + 0,075956 \cdot t^2 - 0,18452 \cdot t^3$, so wird sie, wenn man die Potenzen von τ , welche über die dritte hinausgehen, wegläßt, $\log. e = -0,69069 \cdot \tau + 0,094117 \cdot \tau^2 - 0,22700 \cdot \tau^3$. Nach dieser Formel könnte man eine Tabelle über die Tensionen des Quecksilberdampfes in Bezug auf die Temperaturen des Luft-Thermometers berechnen.

Die Resultate, welche wir für den Gang der Tensionen des Quecksilberdampfes gefunden haben, lassen sich nun zur Prüfung einiger theoretischen Ansichten und Formeln benutzen, die man über den Gang der Tensionen der Dämpfe im Allgemeinen aufgestellt und auf den Dampf des Wassers und einiger anderen Flüssigkeiten angewendet hat; denn wenn die Principien, worauf diese Formeln beruhen, auch für das Quecksilber, welches vom Wasser und den andern Flüssigkeiten so sehr verschieden ist, gelten, so erhalten sie dadurch eine hinreichende Bestätigung; im entgegengesetzten Falle aber müßte man es als rein zufällig betrachten, daß der Gang der Tensionen bei den Dämpfen der übrigen Flüssigkeiten mit diesen Principien übereinstimme.

Offenbar stimmen die Tensionen des Quecksilberdampfes ganz und gar nicht mit dem Princip überein, welches Dalton früher aufgestellt hat, daß nämlich die Tension der Dämpfe verschiedener Flüssigkeiten auf dem Maximum, eine und dieselbe ist bei Temperaturen, die gleichweit von ihrem respectiven Siedepunkte unter dem atmosphärischen Druck entfernt sind; denn wenn man den Gang der Tensionen des Quecksilberdampfes mit dem des Wasserdampfes vergleicht, so müßte die Tension des Quecksilberdampfes nach diesem Gesetz, zum Beispiel, bei einer Temperatur von 260° C. oder bei 100° unter dem Siedepunkte des Queck-

silbers nur 4 oder 5 Millimeter betragen, während sie nach meinen Versuchen ungefähr 130 Millimeter beträgt. Uebrigens ist die Unrichtigkeit dieses von Dalton aufgestellten Principis auch schon bei anderen Flüssigkeiten, die noch flüchtiger als das Wasser sind, beobachtet und dasselbe, wie es scheint, bereits von Dalton selbst verworfen worden.

Hr. August in Berlin hat in *Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie*, 1828. Nr. 5., und eben so Hr. Roche, Professor zu Toulon, in einer Abhandlung, welche der Pariser Akademie in demselben Jahre übergeben wurde, für den Gang der Tensionen des Wasserdampfes Formeln angegeben, die sich wenigstens zum Theil auf theoretische Ansichten gründeten, und die, obgleich scheinbar verschieden, doch wirklich identisch sind, was ich in meiner Abhandlung gezeigt habe. Diese Formeln kommen in der Hauptsache auf die Funktion

$\log. e = \frac{At}{B + t}$ zurück, worin e die Tension des Dampfes bezeichnet, t die Temperaturgrade, vom Siedepunkte der Flüssigkeit an gezählt, und A, B zwei constante, durch Versuche zu bestimmende Größen sind. Die H. H. August und Roche haben aber die Constante B durch die theoretische Annahme bestimmt, daß die Kraft des Dampfes e Null werden muß, bei $-266\frac{2}{3}^{\circ}$, welche Temperatur bekanntlich als der absolute Nullpunkt betrachtet wird; das heißt, wenn man mit ω die Anzahl der Grade bezeichnet, um welche dieser absolute Nullpunkt unter dem Siedepunkte der Flüssigkeit liegt, so muß man haben $e = 0$ für $t = -\omega$, was, um B zu bestimmen, die Gleichung gibt: $\log. e = -$

$\frac{\omega}{B + \omega} = -\omega$, woraus folgt $B - \omega = 0$, oder $B = \omega$. Dadurch

wird die Formel $\log. e = A \cdot \frac{t}{\omega + t}$, worin man den Coefficient A nur

noch durch eine einzige Beobachtung zu bestimmen hat. Die Funktion, welche dieser Formel zur Basis dient, könnte, wenn man von der Bestimmung von B abstrahirt, noch als willkürlich betrachtet werden; sie zeigte sich jedoch sehr geeignet, um den Gang der Tensionen des Wasserdampfes auszudrücken. Wir wollen nun diese Formel durch Anwendung derselben auf den Quecksilberdampf prüfen. Für diesen Dampf hat man, wenn man t in Centesimalgraden ausdrückt, die vom Siedepunkte an gezählt werden, positiv über und negativ unter demselben, $\omega = 360 + 266,67 = 626,67$. Bestimmen wir die Constante A durch unsere Beobachtung für die Temperatur von 260° , nämlich 100° unter dem Siedepunkte des Quecksilbers, oder für $t = -100$, indem wir eine ganze Atmosphäre zur Einheit der Tensionen nehmen, so finden wir $A = 3,976$, und die Formel wird so $\log. e = \frac{3,976 \cdot t}{626,67 + t}$; unter den Logarithmen sind

immer die in den Tabellen verstanden. Wenn diese Formel, so wie wir sie nun nach unserer Beobachtung für eine Temperatur, die zwischen unseren äußersten Beobachtungen in der Mitte liegt, bestimmt haben, genau ist, so muß sie diesen äußersten Beobachtungen, nämlich für 230° und 290° ziemlich Genüge leisten. Nun finde ich, daß sie für die erste dieser Temperaturen $e = 0,091056$ Atmosph. = $69,20$ Millim. gibt, während die Beobachtung $58,01$ Millim. gab, und daß sie bei 290° , $e = 0,31625$ Atmosph. = $240,35$ Millim. gibt, während die Beobachtung $252,51$ Millim. ergab. Man sieht also, daß die Formel mit dem nach der Beobachtung für 260° bestimmten Coefficient, für niedrigere Temperaturen als jene, größere Tensionen als die beobachteten und für höhere Temperaturen kleinere als die beobachteten gibt; nämlich: sie ergibt für die Tensionen des Quecksilberdampfes in

Dem Zwischenraum, auf welchen sich meine Beobachtungen ausdehnen, einen schnelleren Gang in Bezug auf die Temperaturzunahme als die Beobachtungen anzeigen; und man sieht leicht, daß diese Abweichungen noch viel beträchtlicher ausfielen, wenn man die Tensionen auf die von dem Luft-Thermometer angegebenen Temperaturen beziehen würde. Diese Probe ist also den Principien, auf welche Hr. Roche seine Formel gründen zu können glaubte, keineswegs günstig, und wahrscheinlich hat sie in der That vor jeder anderen Formel, die die fraglichen Tensionen auf eine empirische Weise bezeichnet und wie sie nur eine einzige constante, durch Beobachtungen zu bestimmende Größe enthalten würde, keinen Vorzug.

Die Formel, wodurch ich früher selbst nach einigen theoretischen Ansichten den Gang der Tensionen des Wasserdampfes ausdrücken zu können glaubte, nämlich $\log. e = a(\sqrt{t + b^2} - b)$; worin e und t dasselbe bezeichnen wie oben, und a und b zwei constante, durch Beobachtungen zu bestimmende Größen sind, ist eben so wenig auf den Quecksilberdampf anwendbar.

T a b e l l e

über die elastische Kraft oder das Maximum der Tension des Quecksilberdampfes, von 10 zu 10 Centesimalgraden, anfangend von 100° und fortlaufend bis auf 360°, nach den in der Abhandlung angegebenen Versuchen und der empirischen Formel, die sie repräsentirt.

Temperaturen.	Tensionen des Quecksilberdampfes, wobei der atmosphärische Druck von 0,76 Meter zur Einheit an- genommen ist.	In Quecksilber- Millimetern.
100° C.	0,00004	0,03
110	0,00009	0,07
120	0,00022	0,16
130	0,00047	0,35
140	0,00096	0,73
150	0,00188	1,43
160	0,00343	2,61
170	0,00603	4,58
180	0,01015	7,71
190	0,01638	12,45
200	0,02539	19,30
210	0,03790	28,80
220	0,05466	41,54
230	0,07633	58,01
240	0,10349	78,65
250	0,13655	103,78
260	0,17582	133,62
270	0,22145	168,30
280	0,27355	207,90
290	0,33225	252,51
300	0,39780	302,33
310	0,47073	357,75
320	0,55181	419,38
330	0,64261	488,38
340	0,74523	566,37
350	0,86286	655,77
360	1,00000	760,00

§. 41. Reinigung des künstlichen Quecksilbers.

Nach Winkler ist hierzu folgendes Verfahren sehr vorthellhaft und wirksam. Man setzt 6 Theile Quecksilber zu 1 Theil Schwefel, der in einem flachen irdenen Gefäße geschmolzen ist, befördert die Vereinigung durch Umrühren und mäßige Erhitzung (wobei, wenn Entzündung eintritt, das Gefäß bedeckt wird); zerreibt die erkaltete, schwarzgraue Masse, mengt sie sorgfältig mit einer gleichen Menge gebrannten Kalks, und destillirt aus einer gußeisernen oder beschlagenen irdenen Retorte. Das übergehende, in Wasser aufgefangene Quecksilber ist von fremden Metallen ganz frei.

§. 42. Lampe zum Glasblasen. Von Gay = Lussac.

(Hierzu Fig. 100.)

Die Lampe, deren man sich in den Laboratorien bedient, erfüllt vollkommen ihren Zweck, wenn der Docht sehr gut gerichtet ist. Dies ist aber einer der schwierigsten Punkte in der Glasblaserkunst; wenn man nicht eine sehr große Geschicklichkeit in dieser Operation hat und um so mehr, wenn man, wie es gewöhnlich in den Laboratorien geschieht, nur wenig Sorgfalt auf den Docht wendet, so verbreitet er immer einen sehr unangenehmen Geruch. Eine Weingeistlampe hat keinen dieser Uebelstände; sie ist augenblicklich angezündet und ihr Docht erfordert keine Sorgfalt. Endlich verbreitet sie gar keinen Geruch. Die Lampe, deren ich mich bediene, sieht man in Fig. 100. Sie besteht aus einem messingenen Cylinder *b*, welcher den Docht ersetzt, und der Alkohol gelangt in denselben aus einer Standflasche *F* durch eine mit einem Hahn *r* versehene Röhre. Der ausfließende Weingeist bleibt in constantem Niveau vermittelst der Röhre *t*, deren unteres Ende etwas tiefer als der Rand der Lampe steht. *v* ist eine Schraube, womit man die Lampe etwas tiefer stellen kann; sie ist aber nicht unumgänglich nöthig. Wenn man diese Lampe nicht gebraucht, versieht man sie mit ihrem Deckel *c*, der fest darauf paßt und verschließt den Hahn. Uebrigens verfährt man damit, wie mit den gewöhnlichen Lampen.

Vierte Abtheilung.

Ueber die specifische Schwere.

Die specifische Schwere einer Substanz ist das Verhältniß ihres absoluten Gewichtes zu dem absoluten Gewicht einer andern Substanz, die man zum Maßstab angenommen hat. Dieser Maßstab ist reines destillirtes Wasser bei einer Temperatur von 60° F.

Der Apparat zur Bestimmung der specifischen Schwere der Körper ist sehr einfach, aber äußerst nützlich, um die gehörige Stärke der bei chemischen Arbeiten anzuwendenden Auflösungsmittel, oder auch den Zeitpunkt zu bestimmen, wenn gewisse Arbeiten abgebrochen werden müssen. Man bedient sich dieses Apparates auch, um die Reinheit der Substanzen zu prüfen.

A. Die hydrostatische Wage.

Für feste Körper oder dicke Flüssigkeiten bedient man sich am besten der hydrostatischen Wage zur Ausmittelung der specifischen Schwere. Solche Wagen müssen sehr gut gearbeitet und so eingerichtet sein, daß sich eine Wagschale abnehmen und durch ein Stück dicken Draht, oder eine cylindrische Stange mit einem Haken an jedem Ende und von gleichem Gewichte mit der andern Wagschale ersetzen läßt.

Um nun die specifische Schwere eines festen Körpers zu bestimmen, wägt man ihn erst in der Luft und dann in Wasser. Im letztern Falle verliert er von seinem Gewichte genau so viel, als das Gewicht des ihm gleichen Volumens Wasser betragen würde, und vergleicht man diesen Verlust mit seinem Totalgewichte, so findet man seine specifische Schwere. Die Regel ist deshalb: dividire das Totalgewicht mit dem Gewichtverlust im Wasser, und der Quotient gibt die specifische Schwere.

Für feste Körper bedarf man eines einzelnen Pferdehaares oder eines feinen Silberdrahtes, um sie anzuhängen; für kugelförmige Körper, ein Netz von demselben Material; für Pulver, Quecksilber oder andere schwere Flüssigkeiten, welche im Wasser zu Boden sinken und sich in demselben nicht auflösen, ein kleines gläsernes Gefäß von bekannter Capacität.

Dieser Apparat wird alsdann an den Haken der Wage gehängt und gewogen. Nachdem man das Gewicht aufgezeichnet hat, hängt man die zu wägende Substanz an und erforscht ihr Gewicht ebenfalls ganz genau. Die Differenz der Gewichte drückt folglich das Gewicht der Substanz in der Luft aus.

Man setzt alsdann unter den Apparat ein mit Regenwasser oder destillir-

tem Wasser gefülltes Gefäß und senkt die Substanz ein, so daß sie etwa ringsum von $\frac{1}{2}$ Zoll Wasser umgeben ist. Wenn sie von solcher Beschaffenheit ist, daß sie Wasser einsaugt, so läßt man sie einige Zeit in der Flüssigkeit, entfernt dann das Wasser, trocknet die Substanz sorgfältig ab, wägt sie von Neuem und bemerkt die Quantität des absorbirten Wassers.

Man wägt hierauf die Substanz unter Wasser und sieht sorgfältig darauf, daß keine Luftbläschen auf ihrer Oberfläche sitzen, noch an irgend einer Stelle des Apparates. Diese kann man mit einem kleinen Malerpinsel leicht entfernen. Endlich nimmt man die Substanz aus dem Wasser heraus, wägt den Aufhängeapparat, so weit in Wasser eingesenkt, als er vorher eingesenkt war, und bemerkt das Gewicht.

Die Differenz dieser beiden letzten Gewichte ist das Gewicht der Substanz im Wasser.

Zur Erläuterung wollen wir uns eines Beispiels des Herrn Boyle bedienen.

Ein Stück Marmor soll wiegen	1169 Gran;
in Wasser eingesenkt	738 —
der Gewichtverlust im Wasser wird also betragen	431 —

Da sich nun 1169 zu 431 verhält, wie die spezifische Schwere des Marmors zu derjenigen des Wassers, und da man letztere zum Maßstab angenommen und sie = 1 gesetzt hat, so ergibt sich folgendes Verhältniß:

$$431 : 1169 = 1 : x.$$

Man braucht also in diesem Falle 1169 mit 431 nur zu dividiren, und der Quotient, nämlich: 2,712 ist die spezifische Schwere des fraglichen Marmorstückes.

Wenn aber der feste Körper von solcher Beschaffenheit ist, daß er Wasser absorbirt, so wird man durch diese Berechnungsart nur die scheinbare spezifische Schwere erhalten und muß, um die wirkliche zu erlangen, in Betracht ziehen, daß das verdrängte Volumen Wasser, welches man nach seinem Gewicht schätzt, nicht der Verlust des eingetauchten Körpers ist, sondern bloß die Differenz dieses Verlustes und des Gewichtes vom absorbirten Wasser.

Beispiel.

Gewicht eines Sandsteines	a	1000
Gewicht, nachdem derselbe einige Zeit lang im Wasser eingetaucht war		1050
Gewicht des absorbirten Wassers	b	50
Gewicht während der Eintauchung		460
Gewichtverlust, den man erfährt, wenn man das Wasservolumen in Granen schätzt	c	540
Scheinbare spezifische Schwere, die man erhält, wenn man a mit c oder in vorliegendem Falle 1000 mit 540 dividirt		1,850
Differenz des Gewichtverlustes c und der absorbirten Quantität b	d	490
Wirkliche spezifische Schwere, die man erhält, wenn a mit d oder im gegenwärtigen Falle 1000 mit 490 dividirt wird		2,040

Wenn der feste Körper leichter ist als Wasser und sich auch in demselben nicht auflöst, so muß man ihm einen schweren Körper anhängen, damit er unterfinke.

Die spezifische Schwere der Flüssigkeiten wird hydrostatisch bestimmt, in-

dem man einen schließlichen festen Körper wägt, der weder im Wasser oder der Flüssigkeit auflöslich ist, wie z. B. ein Stück Glas. Man wägt ihn nämlich zuerst in Wasser und dann in der Flüssigkeit, deren spezifische Schwere gesucht wird. Dividirt man den Gewichtsverlust im Wasser mit dem Gewichtsverlust in der zu untersuchenden Flüssigkeit, so gibt der Quotient die spezifische Schwere der letztern.

Wenn der zu untersuchende feste Körper im Wasser auflöslich ist, muß man ihn erst in der Luft und dann in einer Flüssigkeit wägen, die ihn nicht auflöst, alsdann seine spezifische Schwere in Bezug auf diese Flüssigkeit bestimmen. Nun muß die spezifische Schwere des identischen Theiles der Flüssigkeit, wie eben erwähnt worden, bestimmt und dann beide spezifische Schwere, nämlich die des festen Körpers in Bezug zur Flüssigkeit und die der Flüssigkeit selbst in Bezug zum Wasser mit einander multiplicirt werden. Das Product gibt die spezifische Schwere des festen Körpers in Bezug auf's Wasser, denn die spezifische Schwere der gebrauchten Flüssigkeit verhält sich zu derjenigen des Wassers, wie die spezifische Schwere des festen Körpers in Bezug auf diese Flüssigkeit sich verhält zu ihrer spezifischen Schwere in Bezug auf's Wasser.

Bei allen hydrostatischen Untersuchungen muß die Temperatur der Flüssigkeit und der Luft, wie auch die Barometerhöhe berücksichtigt werden. Man sollte alle Versuche soviel wie möglich bei gleichförmiger Temperatur und Barometerhöhe anstellen, denn eine Variation dieser Grundbedingungen hat sehr auffallende Differenzen in den Resultaten zur Folge.

Man kann zwar die spezifischen Schwere, die bei einer gewissen Temperatur und einer bestimmten Barometerhöhe ausgemittelt worden sind, für jede beliebige andere Temperatur und Barometerhöhe reduciren, sobald man die Ausdehnung der fraglichen Körper durch Wärme kennt; aber die Berechnung ist angewierig, und der bloße Anblick der algebraischen Formeln, welche die Mathematiker für diesen Zweck aufgestellt haben, würde die meisten praktischen Chemiker in Schrecken versetzen.

Es gibt noch einige andere Punkte, die bei der spezifischen Schwere berücksichtigt werden müssen.

Wenn das Gewicht eines Körpers mit seiner spezifischen Schwere in Bezug auf's Wasser als Einheit dividirt wird, so drückt der Quotient das Gewicht einer Quantität Wasser aus, die dem Volumen des Körpers gleich ist; und wird deshalb dieser Quotient wieder mit dem Gewichte des Wassers dividirt, welches ein bekanntes Maß enthält, so wird dieser zweite Quotient die Zahl dieser Maße ausdrücken, welche ein dem fraglichen Körper gleiches Volumen gaben, wie unregelmäßig übrigens auch seine Gestalt, oder wie schwierig seine Messung sonst auch sein möge.

Man kann also das Volumen irgend eines, wenn auch sehr unregelmäßigen Körpers erfahren, sobald man das Gewicht desselben und seine spezifische Schwere kennt. Wir theilen der Erläuterung halber ein Beispiel mit.

Hat man z. B. ein Stück Eichenholz von 327,6 Pfd., so dividirt man 327,6 mit 1,17, der spezifischen Schwere des Eichenholzes, wenn diejenige des Wassers = 1 angenommen wird. Der erste Quotient ist 280. Dividirt man nun diesen Quotienten mit dem Gewichte des Wassers, welches ein bekanntes Maß zu fassen vermag (wir wollen z. B. den Kubikfuß annehmen, welcher 70 Pfund wiegt), so hat man $\frac{280}{70} = 4$ Kubikfuß für das Volumen des Stückes Eichenholz.

Dies läßt sich algebraisch sehr einfach ausdrücken:

Das Volumen der Substanz sei = v ;
 das Gewicht derselben = P ;
 die spezifische Schwere derselben = a ;
 das Gewicht der Einheit des Wasservolumens = p ;
 so hat man:

$$v = \frac{P}{ap},$$

was, auf den ersten Fall angewendet, folgende Gleichung gibt:

$$v = \frac{327,6}{1,17 \times 70} = 4$$

wie wir gefunden haben.

Aber wie man aus der Kenntniß des Gewichtes das Volumen herleiten kann, so vermag man auch mittelst derselben Formel die Schwere zu berechnen, wenn das Volumen bekannt ist, nämlich:

$$P = pav;$$

oder man multiplicirt das bekannte Volumen mit der spezifischen Schwere der Substanz und dieses Product mit dem Gewichte des Wasservolumens, welches zum Maße oder zur Einheit dient.

Ein Fabrikant z. B. will über einem Gewölbe irgend ein Gebäude aus zugehauenen Steinen aufführen und kennt die Dimensionen des Gebäudes, aber es ist auch möglich, daß er die Last zu erfahren wünscht, welche dieses Gewölbe zu tragen bekommt. Er schlägt Tabellen über die spezifische Schwere nach und findet diejenige des Bausteines = 2,390. Dies heißt so viel, daß bei gleichem Volumen der Baustein 2,390 mehr als das Wasser wiegt. Er weiß nun auch, daß der Kubikfuß Wasser 70 Pfund wiegt, also der Kubikfuß Baustein $2,390 \times 70 = 167,3$ Pfund. Multiplicirt er nun diesen Werth mit der Zahl der Kubikfüße, welche die Messung seines Gebäudes ergibt, so hat er das Totalgewicht des ganzen Gebäudes in Pfunden.

Wenn zwei Körper eine chemische Verbindung mit einander eingehen, so ist das Volumen derselben nicht gleich der Summe der beiden Volumina, sondern entweder größer, oder geringer, wie sich aus dem bekannten Versuch ergibt, wenn man allmählig Theelöffel von Salz oder Zucker in ein mit Wasser gefülltes Weinglas bringt. Weit entfernt, daß das Glas überlaufen sollte, ist es vielmehr nicht so voll, als vor dem Zusage des Kochsalzes, oder des Zuckers, so daß die spezifische Schwere der Zusammensetzung größer oder geringer ist, als das arithmetische Mittel; denn in Folge der Verbindung zieht sich die Zusammensetzung entweder zusammen, oder dehnt sich aus.

Der Betrag der Ausdehnung oder Zusammenziehung wird auf folgende Weise berechnet. Als Beispiel möge uns ein Versuch des Hrn. Hatchett dienen,

Er schmolz 18 Pfenniggewichte 10 Gran Gold mit 1 Pfenniggewicht 10 Gran Kupfer und fand die spezifische Schwere der Legirung = 17,157.

Dividirt man nun das Gewicht des Goldes, nämlich 442 Gran mit seiner spezifischen Schwere, d. h. mit 19,172, so erhält man für's Volumen 23,05 Gran-Maß Wasser. Und dividirt man das Gewicht des Kupfers, nämlich 34 Gran mit der spezifischen Schwere desselben, 8,895, so erhält man für's Volumen desselben 4,27 Gran-Maß Wasser. Die Summe dieser Volumina beträgt deshalb 27,32. Dividirt man das Gewicht dieser Metallmischung, welches 480 Gran ausmacht, mit der spezifischen Schwere derselben, d. i. mit 17,157, so

erhält man für's Volumen 27,98 Gran-Maß Wasser, so daß also eine Ausdehnung von 0,66 Gran-Maß Wasser oder von $\frac{66}{100}$ der ganzen Masse stattgefunden haben muß, was mehr als $\frac{1}{4}$ beträgt.

Die mittlere spezifische Schwere einer Zusammensetzung aus der spezifischen Schwere ihrer Bestandtheile zu finden, ist eine Aufgabe, welche in der Chemie sehr häufig vorkommt. Ob aber durch die Verbindung verschiedener Bestandtheile eine Ausdehnung oder eine Verdichtung des Volumens bewirkt worden sei, läßt sich nur durch eine Vergleichung des Resultates dieser Berechnung mit der empirisch ausgemittelten spezifischen Schwere der Zusammensetzung entdecken.

Die spezifische Schwere eines Körpers verhält sich zu derjenigen eines andern, wie das Gewicht des ersten dividirt durch sein Volumen zu dem Gewichte des zweiten, dividirt durch sein Volumen, und die mittlere spezifische Schwere beider Körper wird gefunden, wenn man die Summe der Gewichte mit der Summe der Volumina dividirt.

Die beiden Gewichte wollen wir durch W, w ;

die beiden Volumina durch V, v ;

die beiden spezifischen Schwere durch P, p ; und

die berechnete mittlere spec. Schwere durch M ausdrücken; so werden wir

bekommen:

$$M = \frac{W + w}{V + v}, \text{ und } V + v = \frac{W}{P} + \frac{w}{p} = \frac{Wp + wP}{Pp};$$

$$\text{folglich } \frac{W + w}{V + v} = \frac{W + w}{\frac{Wp + wP}{Pp}} = \frac{(W + w)Pp}{Pw + pW} = M.$$

Wenn der Unterschied der spezifischen Schwere der beiden Substanzen beträchtlich ist, wie z. B. bei der Schwefelsäure und dem Wasser, so entstehen sehr große Irthümer, wenn man das arithmetische Mittel für das richtig berechnete Mittel annimmt.

B. Statische Untersuchung der Körper.

Es gibt noch eine andere Art, die spezifische Schwere der Körper und Flüssigkeiten auszumitteln, die manchmal bequemer zum Ziele führt, als die Anwendung der hydrostatischen Wage.

Zu diesem Behuf bedarf man einer weithalsigen, mit einem Stöpsel verschließbaren Flasche, in welche die zu untersuchenden Substanzen eingebracht werden können. In den Stöpsel wird seiner Länge nach mit einer Feile eine feine Vertiefung eingeschnitten, damit man ihn in den Hals der Flasche setzen kann, wenn letztere bis an den Rand mit Wasser gefüllt ist. Die eingeschnittene Fuge gewährt dann dem verdrängten Wasser Abfluß.

Will man die spezifische Schwere eines festen Körpers erforschen, so wägt man ihn erstlich, und wenn er Wasser absorbiert, wägt man ihn nochmals, nachdem er eingetaucht worden ist. Auch die Flasche wird gewogen, dann mit Wasser gefüllt und wiederum gewogen. Endlich kommt nun der feste Körper in das Wasser der Flasche, und man zeichnet das Totalgewicht auf. Aus diesen Elementen läßt sich nun die spezifische Schwere des Körpers oder auch sein Volumen leicht bestimmen; denn dividirt man das Gewicht des festen Körpers mit dem Gewichte des Wassers, welches er aus der Flasche verdrängt, so gibt der Quotient die gesuchte spezifische Schwere; und wird das Gewicht des Wassers, welches der Körper verdrängt hat, mit dem Gewichte des Wassers dividirt,

welches irgend einer Art von Maß äquivalent ist, so drückt der Quotient die Messung des Körpers mit dieser Art von Maß aus.

Die Untersuchung der Flüssigkeiten ist, vermöge dieser Methode, am einfachsten: Die Flasche wird erst leer, dann mit Wasser gefüllt und endlich mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt, gewogen. Dividirt man das Gewicht der Flüssigkeit mit dem Gewichte des Wassers, so erhält man die gesuchte spezifische Schwere.

§. 1. Homberg's Aräometer.

(Hierzu Fig. 101.)

Dieses Aräometer (Schwermesser) ist in den Mémoires de l'Académie Royale des Sciences vom Jahr 1699 beschrieben und abgebildet, und noch immer das beste Instrument dieser Art zur Untersuchung der Flüssigkeiten.

Dieses Aräometer ist weiter nichts, als eine Flasche aus sehr dünnem Glas a b c d mit zwei Halsen, wie Fig. 101. abgebildet ist. Die Hälse sind so fein ausgezogen, daß ein einziger Wassertropfen einen Raum von $\frac{1}{2}$ Z. Länge einnimmt. Der eine Hals a b ist länger als der andere d, und an der Mündung trichterartig erweitert. An dem langen Hals ist ein feiner Strich e, ziemlich in gleicher Höhe mit dem kurzen Niveau des Halses d gemacht.

Man kennt nun das Gewicht des Wassers, welches dieses Gefäß zu fassen vermag, und will man die spezifische Schwere irgend einer Flüssigkeit erfahren, so füllt man das Gefäß bis an den Strich e damit und mittelt das Gewicht des Gefäßes nun auf einer guten Wage aus. Wenn man das Gewicht der Flüssigkeit alsdann mit dem Gewichte des Wassers dividirt, so gibt der Quotient die verlangte spezifische Schwere.

Der kleine Hals der Flasche dient dazu, der Luft einen Ausweg zu gewähren, sobald durch den langen Hals eine Flüssigkeit eingefüllt wird; und hat man bis über den Strich eingefüllt, so ist die Berichtigung sehr leicht, indem man nur mit dem Finger auf die trichterförmige Mündung des langen Halses ein wenig zu klopfen braucht, worauf etwas Flüssigkeit aus der Öffnung des kleinen Halses tritt. Man kann sich auch für diesen Behuf einer Schweinsborste oder bei ägenden Flüssigkeiten eines fein ausgezogenen Glasstäbchens bedienen.

Es läßt sich indessen nicht läugnen, daß auch dieses Aräometer, gleich den andern, seine Mängel hat. Einer derselben ist unter andern der, daß der Hals a b zu enge und folglich haarröhrchenförmig ist, weshalb die Flüssigkeit einen höhern Stand behauptet, als es eigentlich der Fall sein sollte. Bei verschiedenen Flüssigkeiten ist die Haarröhrchenwirkung des Halses auch verschieden.

§. 2. Die Tausend-Gran-Flasche.

Um dieses Experiment zu erleichtern, bedient man sich manchmal einer Flasche, die gewöhnlich unter dem Namen der Tausend-Gran-Flasche zu haben ist, nebst einem Gewichte, welches ihr vollkommen gleich ist, wenn sie bei der Temperatur von 60° F. mit destillirtem Wasser gefüllt wird.

Diese Flasche ist aus Glas, mit langem Hals und einem eingeschliffenen konischen Stöpsel versehen, in welchen man eine kleine Rinne mit der Feile geschnitten hat, damit er auf's Gefäß gesetzt werden kann, nachdem es vollständig gefüllt ist, wo dann, wie im vorigen Falle, diese verdrängte Flüssigkeit durch die Rinne austritt. Ohne diese Vorrichtung würde es schwer halten, die Flasche mit Flüssigkeit zu füllen, so daß nicht einige Luftbläschen mit eingeschlossen würden.

Dieses Instrument überhebt, so zu sagen, aller Rechnung. Man füllt es mit Flüssigkeit, setzt es auf die Waagschale und legt in die andere sein Gegen-

gewicht. Ist sein Flüssigkeitsgehalt leichter als das Wasser, so muß man, um das Gleichgewicht herzustellen, in die Wagschale, welche die Flasche trägt, noch Gewichte zusetzen. Man erkennt also mit einem Blicke, daß die specifische Schwere geringer ist, als diejenige der Substanz, welche man zum Maßstabe genommen hat, und daß sie folglich durch einen Bruch auszudrücken sei.

Ist dagegen die zu untersuchende Flüssigkeit schwerer, als das Wasser, so wird man Gewichte in der andern Wagschale zulegen müssen, um den Wagebalcken zum Einstehen zu bringen.

Die Tausend-Gran-Flasche sei z. B. mit Schwefeläther gefüllt, so wird man, um die Wage zum Einstehen zu bringen, 261 Gran noch in die Wagschale legen müssen, welche die mit Aether gefüllte Flasche trägt, und die specifische Schwere des Schwefeläthers ist demnach $= 1000 - 261 = 739$. Nimmt man nun die specifische Schwere des Wassers $= 1$ an, so erhält man für diejenige des Schwefeläthers 0,739. Hätte man die Flasche mit Meerwasser gefüllt, welches bekanntlich eine größere specifische Schwere als destillirtes Wasser besitzt, so würde man ziemlich $\frac{1}{4}$ Gran in die andere Wagschale haben zulegen müssen, und folglich für die specifische Schwere des Meerwassers 1,026 erhalten haben. Da Schwefelsäure schwerer als Wasser ist, so würde man dem Gegengewicht, um die Wage zum Einstehen zu bringen, 875 Gran zulegen müssen. Folglich erhält man für die specifische Schwere der Schwefelsäure 1,875.

§. 3. Kubikzoll-Flasche.

Diese hat mit der vorigen große Aehnlichkeit. Sie vermag, wie schon ihr Name anzeigt, genau einen Kubikzoll zu fassen, wenn der Stöpsel aufgesetzt ist, und wird häufig angewendet, um die absolute Schwere eines Kubikzolles verschiedener Flüssigkeiten auszumitteln.

Sowohl die Tausend-Gran-Flasche als die Kubikzoll-Flasche sind indessen theuer, sehr selten ganz richtig und mehr geeignet für Liebhaber der Chemie, als für den wirklichen Praktiker.

Dr. Richard Davies hat in den Philosophical Transactions vom Jahre 1748 eine sehr große Tabelle der specifischen Schwere verschiedener Körper, aus mancherlei Schriftstellern und zum Theil auch aus seinen eigenen Versuchen mit einer Sammlung der materia medica des Signor Viganì (sie befindet sich zu Cambridge in der Bibliothek des Queen's-College) entnommen, bekannt gemacht.

Drifson hat nach der Zeit dieses Verzeichniß erweitert, und Heidinger gibt gegenwärtig ein sehr genaues Verzeichniß der specifischen Schwere mineralischer Substanzen heraus, um letztere zu charakterisiren.

Alle Tabellen der specifischen Schwere müßten auch die cubische Ausdehnung der Körper, welche die Wärme bewirkt, enthalten, denn diese Bestimmungen sind unentbehrlich, wenn man die Ausdrücke von einer Temperatur auf die andere reduciren will.

§. 4. Homberg's Hydrometer.

Der Gebrauch der Hydrometer, um approximativ die specifische Schwere der Flüssigkeiten oder ihre relative Stärke für praktische Zwecke zu bestimmen, ist sehr alt. Ein Instrument dieser Art ist sehr deutlich in dem Gedichte des Rhemnius Fannius Palaemon über Gewichte und Maße beschrieben. Archimedes, der sicilianische Mathematiker, soll es früher, als 300 Jahr vor Christo Geburt, erfunden haben. Es gerieth indessen in Vergessenheit, und der Vater

Kircher, welcher es bei einem deutschen Chemiker Joh. Tholden, auch bekannt unter dem Namen Basilus Valentinus, fand, der sich dessen bediente, um die Stärke der Soole damit zu bestimmen, machte es von Neuem bekannt.

Diese Instrumente werden auf die Oberfläche der zu prüfenden Flüssigkeiten gesetzt und tauchen, je nach der specifischen Schwere derselben, mehr oder weniger tief ein. Man senkt sie auch mittelst aufgelegter Gewichte bis zu einer gewissen Tiefe in diese Flüssigkeiten ein.

Der Bequemlichkeit halber hat man zweierlei dieser Instrumente: die einen dienen zur Ausmittelung der specifischen Schwere solcher Flüssigkeiten, die schwerer als Wasser, und die andern für solche Flüssigkeiten, die leichter als Wasser sind.

Homburg's Hydrometer wird vom Vater Kircher in einer Abhandlung erwähnt, welche man in den Mémoires de l'Académie Royale des Sciences vom Jahre 1710 findet, ist aber nicht beschrieben. Seiner Einrichtung nach scheint es Baumé's Hydrometer ähnlich, aber anders graduirt gewesen zu sein.

Da die Pariser Medicinal-Pinte genau 16 Unzen destillirtes Wasser bei mittlerer Temperatur enthält, so sind die Homburg'schen Hydrometer für Flüssigkeiten, welche schwerer oder leichter als das Wasser sind, dergestalt graduirt, daß sie die Zahl der Unzen anzeigen, welche die Medicinal-Pinte der Flüssigkeit wiegt.

Einen Hydrometer dieser Art kann man schon mit Wasser allein graduiren. Mittelst einer Belastung senkt man es in Wasser bis zu einem beliebigen Theilstrich ein, den wir im gegenwärtigen Falle mit 16 bezeichnet annehmen wollen; hierauf wägt man es. Das Gewicht wird multiplicirt mit dem Werthe des Theilstriches, dessen Stelle gesucht wird, und das Produkt mit der Zahl dividirt, die man gewählt hat, um die Höhe des Wassers zu bezeichnen, die hier 16 ist. Der Quotient drückt das Gewicht aus, welches man dem Hydrometer zulegen oder nehmen muß, damit er bis zu dem gesuchten Grad eintauche.

Brisson wendete auf diese Weise graduirte Hydrometer an, um die specifische Schwere von Flüssigkeiten zu bestimmen, diejenige des Wassers = 1000 angenommen.

Montigny hat in den Mémoires de l'Académie des Sciences vom Jahre 1768 das Verfahren, die Aräometer zu graduiren, beschrieben.

§. 5. Baumé's Salzwaage.

(Hierzu Fig. 102.)

Hrn. Baumé, einem chemischen Manufacturisten in Paris, verdanken wir zwei sehr einfache Instrumente, die zu vielerlei Gebrauch von hinlänglicher Genauigkeit sind.

Fig. 102. ist eine Abbildung seiner Salzwaage, die man auf folgende Weise für den Gebrauch zurechtet: In die Röhre bringt man einen Papierstreifen, der auf irgend eine Weise graduirt ist; dann senkt man das Instrument bei einer Temperatur von $18,75^{\circ}$ R. (ungefähr 50° F.) in reines Wasser und füllt so viel Quecksilber in den untern Theil des Instrumentes, bis es so tief eingesunken ist, daß nur der oberste Theil noch über der Oberfläche bleibt. Dieser Punkt ist auf dem Papierstreifen und an der Röhre mit Null bezeichnet. Das Instrument wird nun aus dem Wasser herausgenommen, gut abgetrocknet und in eine Salzauflösung von 15 Gewichttheilen ganz trockenem und reinem Kochsalz und

85 Theilen reinem Wasser eingesenkt. Die Stelle der Röhre, welche den Spiegel der Flüssigkeit berührt, wird mit 15° bezeichnet. Alsdann nimmt man den Papierstreifen aus der Röhre und trägt die Entfernung von 0 bis 15 mit dem Zirkel auf die Skale. Den Abstand theilt man auch in 15 gleiche Theile. Diese Abtheilungen oder Grade werden noch niederwärts bis zu 75 fortgesetzt. Hierzu bedient man sich ebenfalls des Zirkels.

Sinkt nun das Instrument z. B. bis auf 40° in eine Salzauflösung, so ergibt sich daraus, daß die Auflösung 40 pro Cent Salz enthält. Wollte man indessen eine solche Auflösung machen, so würde man finden, daß das Instrument nur eine approximative Anzeige gibt.

Die Röhre ist freilich in Grade von gleicher Länge eingetheilt, und es ist doch häufig der Fall, daß sie nicht in ihrer ganzen Länge gleichförmig ist. Auch kann die Eintheilung der Skale in gleiche Theile nicht gleiche, der Auflösung zugesetzte, Theile Salz anzeigen; denn die Quantität Salz und die Grade wachsen nicht in demselben Verhältnisse.

Um diesen Mängeln zum Theil abzuhelfen, soll man nach Baumé's Rath das Instrument nach und nach in Salzaufösungen von 5, 10 und 15 pro Cent einsenken und den Punkt, bis zu welchem es einsinkt, jedes Mal genau bezeichnen; und will man die größte Genauigkeit erreichen, so soll man alle Abtheilungen durch Versuche ausmitteln.

Da aber das Wasser kaum den dritten Theil seines Gewichtes Salz aufzulösen vermag, so kann man auf diesem Wege nur bis zu 25° gelangen, nämlich wenn man 25 Theile Salz in 75 Theilen Wasser auflöst. Man erhält auf diese Weise eine Skale von ungleichen Abtheilungen, wird aber finden, daß die Abstände von 5 zu 5 Grad sehr genau einander gleich sind, so daß man die Skale mit dem Zirkel noch über 25° hinaus fortsetzen kann.

Folgende Tabelle gibt die den Graden von Baumé's Salzspindel entsprechende specifische Schwere und ist berechnet worden von den D. D. Brugmans, Driessen, Brolik und Deiman, welche niedergesetzt waren, um die Pharmacopoeia Batava zusammenzustellen. Die Temperatur der Flüssigkeit ist von 56 bis 60° F. angenommen worden; denn da es kaum 2 dieser Hydrometer gibt, welche genau übereinstimmende Resultate geben, obschon sie für den gewöhnlichen Gebrauch sehr nützlich sind, so braucht man auf die Temperatur keine größere Rücksicht zu nehmen.

Grade von Baumé's
Salzspindel.

Specifische Schwere.

0	1,000
1	1,007
2	1,014
3	1,022
4	1,029
5	1,036
6	1,044
7	1,052
8	1,060
9	1,067
10	1,075
11	1,083
12	1,091

Grade von Baumé's
Salzspindel.

Specifische Schwere.

13	1,100
14	1,108
15	1,116
16	1,125
17	1,134
18	1,143
19	1,152
20	1,161
21	1,171
22	1,180
23	1,190
24	1,199
25	1,210
26	1,221
27	1,231
28	1,242
29	1,252
30	1,261
31	1,275
32	1,286
33	1,298
34	1,309
35	1,321
36	1,334
37	1,346
38	1,359
39	1,372
40	1,384
41	1,398
42	1,412
43	1,426
44	1,440
45	1,454
46	1,470
47	1,485
48	1,501
49	1,526
50	1,532
51	1,549
52	1,566
53	1,583
54	1,601
55	1,618
56	1,637
57	1,656
58	1,676
59	1,695

Grade von Baumé's
Salzspindel.

Specifische Schwere.

60	1,714
61	1,736
62	1,758
63	1,779
64	1,801
65	1,823
66	1,847
67	1,872
68	1,897
69	1,921
70	1,946
71	1,974
72	2,002
73	2,031
74	2,059
75	2,087

Die Versuche und Berechnungen, welche Hr. Francoeur über die Theorie von Baumé's Salzspindel angestellt hat, haben ihn auf folgende Gleichung geführt, aus welcher sich die jedem Grade von Baumé's Hydrometer entsprechende specifische Schwere ergibt. Die Resultate der nachstehenden Formel sind von den eben mitgetheilten verschieden. Wird die specifische Schwere durch P , der ihr entsprechende Grad des Hydrometers durch d ausgedrückt, so erhält man:

$$P = \frac{152}{152 - d}$$

Will man nun z. B. die specifische Schwere irgend einer Flüssigkeit erfahren, die mit dem Hydrometer gemessen, 60° gibt, so erhält man:

$$P = \frac{152}{152 - 60} = 1,6522,$$

während man in der Tabelle 1,714 findet.

§. 6. Baumé's Spirituswage.

(Hierzu Fig. 103.)

Dieses Instrument ist nach demselben Grundsätze verfertigt, wie die Salzspindel, auch ganz auf dieselbe Weise graduirt, nämlich mittelst einer Auflösung von Salz in Wasser, nicht aber durch Mischungen von Weingeist und Wasser in verschiedenen Verhältnissen.

Fig. 103. gibt eine Abbildung dieses Hydrometers. Der Nullpunkt ist hier nicht oben an der Spindel angebracht, oder an der Stelle, bis zu welcher sie in einer Mischung von 10 Theilen Salz und 90 Theilen Wasser eintaucht. Der Fundamentalabstand zwischen den Punkten, bis zu welchen sie in destillirtem Wasser und in der Salzauslösung einsinkt, ist auf der Skale in 10 Grade getheilt. Man setzt sie dann nach aufwärts fort, indem man mit dem Birkel die Abtheilungen austrägt. Der zehnte Grad der Spiritus-Wage entspricht dem Nullpunkte der Salzspindel.

Die entsprechende specifische Schwere für die Grade von Baumé's Spiritus-Wage ist ebenfalls von dem D. D. Brugmans, Driessen, Brolië und Deimann berechnet worden. Die Temperatur der Flüssigkeit ist von 56

Thermometer.

12

bis 60° F. angenommen worden. Auch von diesem Hydrometer gilt, was vom vorigen gesagt ist, daß nämlich selten zwei Instrumente gefunden werden, welche genau übereinstimmende Resultate geben.

Grade von Baumé's
Spiritus-Wage.

Entsprechende spezifische
Schwere.

50	0,782
49	0,787
48	0,792
47	0,796
46	0,800
45	0,805
44	0,810
43	0,614
42	0,820
41	0,823
40	0,828
39	0,832
38	0,837
37	0,842
36	0,847
35	0,852
34	0,858
33	0,863
32	0,868
31	0,873
30	0,878
29	0,884
28	0,889
27	0,895
26	0,900
25	0,906
24	0,911
23	0,917
22	0,923
21	0,929
20	0,935
19	0,941
18	0,948
17	0,954
16	0,961
15	0,967
14	0,974
13	0,980
12	0,987
11	0,993
10	1,000

Nachstehende Formel, von Hrn. Francoeur berechnet, gibt die spezifische Schwere einer Flüssigkeit für jeden Grad von Baumé's Spiritus-Wage. Die Resultate weichen indessen ebenfalls von den Bestimmungen der Tabelle ab.

p bezeichne die specifische Schwere und d den Grad der Spiritus-Wage, so erhält man:

$$p = \frac{146}{136 + d}.$$

Man verlangt z. B. die specifische Schwere einer Flüssigkeit von 30° nach der Spiritus-Wage zu wissen: so erhält man:

$$p = \frac{146}{136 + 30} = \frac{146}{166} = 0,8795,$$

statt 0,8780 in der Tabelle.

Da man häufig in den Fall kommt, die Grade von Baumé's Spiritus-Wage in diejenigen von Cartier's Hydrometer zu verwandeln, und umgekehrt, so geben wir für beide Instrumente folgende Gleichung.

Wenn C die Zahl der Grade von Cartier's Hydrometer und B diejenigen von Baumé's Hydrometer ausdrückt, so hat man:

$$16 C = 15 B + 22.$$

§. 7. Fahrenheit's Hydrometer.

(Hierzu Fig. 104.)

Um mit den beiden vorigen Instrumenten die specifische Schwere der Flüssigkeiten zu erfahren, brauchte man nur nachzusehen, wie tief die Spindel in die Flüssigkeit eingesunken war. Fahrenheit modificirte diese Instrumente, so daß man die gesuchte specifische Schwere nun weit genauer auszumitteln im Stande ist.

Diese Modification besteht darin, daß man das Instrument in irgend eine Flüssigkeit mittelst kleiner Gewichte einsenkt, aber immer bis zu demselben Punkte.

Fig. 104. gibt eine Abbildung dieses Hydrometers. Es besteht aus zwei hohlen Glas kugeln a, b , welche durch die cylindrische Röhre c mit einander verbunden sind. Die obere Kugel a trägt eine kleine Röhre d , in deren mittlerer Länge ein Zeichen oder Strich e angebracht ist. Oben hat diese kleine Röhre einen schalenförmigen Ansaß. Man belastet das Hydrometer mit ein wenig Quecksilber, so daß es in Weingeist bis beinahe an das Zeichen einsinkt. Dann wird das Instrument hermetisch verschlossen und genau gezogen.

So vorgerichtet, kann es zur Ausmittlung der specifischen Schwere der Flüssigkeiten gebraucht werden: Man setzt es nämlich in destillirtes Wasser bei einer gegebenen Temperatur und belastet es hierauf mit Gewichten, damit es bis zum Zeichen an der obern Spindel einsinkt. Dieser Gewichtszusatz, addirt zur Schwere des Instrumentes, drückt das Gewicht des verdrängten Wassers aus. So verfährt man bei jeder andern Flüssigkeit und mittelt dadurch aus, welche Gewichtsmenge derselben verdrängt worden ist. Dieses Gewicht dividirt man mit dem Gewichte des verdrängten Wassers, was als Einheit angenommen wird, und erfährt das specifische Gewicht der fraglichen Flüssigkeit.

Wenn z. B. das Gewicht des Instrumentes und der Belastung (damit es in irgend einer Flüssigkeit bis zum bestimmten Zeichen einsinke) $= p$; und dieses Gewicht in einer andern Flüssigkeit $= p + q$; die specifischen Schwere dieser Flüssigkeiten $= \pi$ und π angenommen werden, so erhält man:

$$\frac{m}{\pi} = \frac{p + q}{p}$$

Wird das Gewicht des Wassers als Einheit angenommen, so ist $\pi = 1$ zu setzen, und man hat nun:

$$\pi = \frac{p + q}{p}$$

(Manuel d'applications mathématiques par T. Richard. p. 84.)

Hr. De parcieux bediente sich eines Hydrometers dieser Art, um die spezifische Schwere vieler Mineralwasser in Frankreich auszumitteln, machte es aber größer, damit es empfindlicher werden möge.

Die Kugel war eine Flasche mit convexem Boden, damit sich an dieser Stelle keine Luftbläschen ansetzen sollten. Die Flasche hatte 8 Zoll Länge, 2 Zoll Durchmesser und war mit Schrotten belastet. Er verschloß sie mit einem gut gefirnisseten Stöpsel, durch welchen ein Messingdraht von 30 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser durchgeführt war. Oben hatte derselbe eine kleine Schale zur Aufnahme der Gewichte. Das ganze Instrument wog ungefähr $23\frac{1}{2}$ französische Unzen.

Ein Cylinder aus Weißblech von 3 Fuß Länge, 3 Zoll Durchmesser, diente zur Aufnahme des zu untersuchenden Wassers. Diesem Cylinder war eine in Zolle und kleinere Theile abgetheilte Skale beigegeben.

Das Instrument war so empfindlich, daß es $\frac{1}{2}$ Zoll, oder $\frac{1}{77\frac{1}{2}28}$ vom Volumen des verdrängten Wassers, tiefer einsank, wenn man dem Schälchen einen einzigen Gran Belastung zusetzte.

§. 8. Nicholson's Hydrometer.

(Hierzu Fig. 105.)

Dieses Instrument ist weiter nichts, als eine Veränderung von Fahrenheit's Hydrometer, um es zur Ausmittlung der spezifischen Schwere fester wie flüssiger Körper gebrauchen zu können.

Fig. 105. gibt eine Abbildung dieses Instrumentes:

- c ist eine hohle Kugel aus Kupfer oder Messing;
- e eine kleine Schale, welche unten an der Kugel befestigt ist;
- ab eine andere Schale, am obern Theile der Kugel befestigt;
- d eine Spindel von $\frac{1}{10}$ Zoll Durchmesser, welche die Schale e mit der Kugel c verbindet. Sie ist aus gut gehärtetem Stahl verfertigt. Die Schale e ist so schwer, daß sie die Spindel immer in senkrechter Stellung zu halten vermag, wenn man die Kugel in die Flüssigkeit einsenkt. Die Kugel ist so groß, daß man in die obere Schale ab noch eine oder zwei Unzen legen muß, damit die obere Spindel bis an's Zeichen m eintaucht, wenn man das Instrument bei einer Temperatur von 60° F. in destillirtes Wasser bringt. Sowohl dieses Gewicht, als auch dasjenige des Instrumentes wird genau bestimmt.

Will man die spezifische Schwere einer Flüssigkeit ausmitteln, welche das Metall nicht angreift, so senkt man das Instrument in dieselbe und belastet die obere Schale a b, bis das Hydrometer bis an's Zeichen m eingesunken ist. Da sich nun das bekannte Gewicht des Instrumentes, addirt zu der in die obere Schale gelegten Belastung, damit das Instrument im Wasser bis zum Zeichen m einsinkt, zu dem bekannten Gewicht und demjenigen der letzten Belastung verhält, wie das Gewicht der verdrängten Quantität Wasser zum Gewicht eines gleichen Volumens der zuletzt untersuchten Flüssigkeit; so muß das erste Gewicht, dividirt mit dem zweiten, dieselbe spezifische Schwere ergeben, welche man mit Fahrenheit's Instrument erlangt.

Alle diese Beziehungen sind bequemer durch folgende Formel ausgedrückt, deren man sich hier bedienen kann.

Das Gewicht des Instrumentes werde mit a ; die Belastung, vermöge welcher es bis zum erwähnten Zeichen einsinkt, mit l ; das Gewicht, welches man zusetzen oder wegnehmen muß, damit das Instrument in der zu untersuchenden Flüssigkeit eben so weit einsinkt, mit z ; und die spezifische Schwere dieser Flüssigkeit mit P bezeichnet; so hat man:

$$P = \frac{a + l + z}{a + l} = 1 + \frac{z}{a + l}$$

Wir wollen die Anwendung dieser Formel durch ein Beispiel erläutern:

Das Aräometer soll wiegen 45 Einheiten irgend eines Gewichtes. Damit es bis zum Zeichen m im Wasser einsank, mußte man 11,54 dieser Gewichtseinheiten in die obere Schale legen, hingegen nur 5,19, damit es in der zu untersuchenden Flüssigkeit bis an dasselbe Zeichen sich einsenkte. Man mußte also von der ersten Belastung eine Quantität $z = 6,35$ wegnehmen und erhält in diesem Falle für

$$P = \frac{a + l - z}{a + l}, \text{ oder die Buchstaben durch Zahlen ersetzt:}$$

$$P = \frac{45 + 11,54 - 6,35}{45 + 11,54} = \frac{5019}{5654} = 0,8877.$$

Dies ist die spezifische Schwere der Flüssigkeit, wenn diejenige des Wassers als Einheit angenommen wird.

Will man die spezifische Schwere eines festen Körpers ausmitteln, der weniger wiegt, als die für's Instrument nöthige Belastung, damit es bis an's Zeichen m im Wasser einsinkt, so setzt man das Instrument in destillirtes Wasser und den fraglichen Körper in die obere Schale a b . Durch Gewichtszusatz läßt man nun das Instrument bis an's bekannte Zeichen eintauchen, zieht diesen Gewichtszusatz von der Gewichtquantität ab, die nöthig ist, damit das Instrument bis an's Zeichen eintauche. Die Differenz gibt das Gewicht des Körpers in der Luft. Hierauf legt man den Körper in die untere Schale c , und in die obere Schale a b die nöthige Belastung, damit das Zeichen in die Grenze des Wasserspiegels werde. Der letzte Gewichtszusatz bezeichnet den durch die Eintauchung bewirkten Gewichtsverlust, welcher dem Volumen des verdrängten Wassers gleich ist. Man erhält folglich die spezifische Schwere des festen Körpers, wenn man sein Gewicht in der Luft mit seinem Gewichtsverlust im Wasser dividirt.

Wenn man das in die obere Schale gelegte Gewicht, damit das Instrument bis an's Zeichen eintaucht, k nennt, an die Stelle dieses Gewichtes den Körper in die Schale legt und einen Gewichtszusatz l , damit die obere Spindel wieder eben so tief einsinkt; wenn man endlich den Körper in die untere Schale legt und durch den Gewichtszusatz m ein gleiches Eintauchen des Instrumentes bewirkt, so erhält man für P , womit wir die spezifische Schwere des festen Körpers bezeichnen wollen, folgenden Ausdruck:

$$P = \frac{k - l}{m - l};$$

und wenn p das Gewicht des Körpers in der Luft und n den Gewichtsverlust des Körpers im Wasser bezeichnet, so ist

$$p = k - l; \text{ und } n = m - l,$$

weshalb

$$P = \frac{P}{n}.$$

(Manuel d'applications mathématiques p. T. Richard.)

Da die Spindel dieses Instrumentes nur $\frac{1}{10}$ Zoll Durchmesser hat, so steigt es, oder sinkt es fast um einen ganzen Zoll, wenn man $\frac{1}{10}$ Gran wegnimmt oder zusetzt, so daß es geringere Gewichtsveränderungen, als $\frac{1}{10}$ Gran oder $\frac{1}{22000}$ des Ganzen anzeigt. Man erhält also die spezifische Schwere für 5 Decimalstellen ganz richtig.

Hr. Charles kam auf den Einfall, die untere Schale des Instrumentes mit einem Haken an ihrem Boden umzuwenden, sobald man das spezifische Gewicht einer Substanz auszumitteln hat, die leichter als Wasser ist. In diesem Fall erfährt die umgestürzte Schale durch den festen Körper einen Druck von unten nach aufwärts, und das Hydrometer braucht weniger Belastung zu erhalten, um in die Flüssigkeit einzusinken.

Ein Anderer brachte endlich an dem Bügel der untern Schale eine kleine Spitze an, um, wenn man die spezifische Schwere von leichtem Holz ausmitteln will, diese Substanzen daran zu stecken.

§. 9. Guyton de Morveau's Aräometer.

(Hierzu Fig. 106.)

Dieses Instrument ist wiederum eine Modification, welche der berühmte Chemiker Guyton de Morveau an Fahrenheit's Instrument angebracht hat. Es ist aus Glas gefertigt und gleich Nicholson's Hydrometer mit zwei Schalen versehen. Der mittlere Theil ist cylindrisch und mit der obern Schale durch eine dünne Spindel verbunden, in deren mittlerer Länge das Zeichen für den Einsenkungspunkt angebracht ist. Die untere spitzig zulaufende Schale trägt die Belastung und ist mit zwei Armen am Cylinder befestigt. An Morveau's eigenem Instrument hatte der Cylinder 6,85 Zoll Länge und 0,71 Zoll Durchmesser. Die obere Schale verlangte 115 Gran, um bis an's Normalzeichen in die Flüssigkeit einzusinken.

Mit diesem Apparate verband Guyton de Morveau noch ein anderes Stück, welches er den Balast nannte. Es war nämlich ein Stück Glas, welches so viel wog, als die 115 Gran und das durch den Balast verdrängte Wasservolumen. Dieses Stück Glas legte man immer in die untere Schale, sobald man von dem Instrumente Gebrauch machte, so daß also letzteres eben so tief einsank, man mochte nun 115 Gran in die obere Schale, oder den Balast in die untere Schale legen.

Fig. 106. gibt eine Abbildung des Gravimeters, wie G. de Morveau dieses Instrument zu nennen pflegte.

- a. ist die obere Schale;
- b. die untere Schale;
- c. das Normalzeichen für's Einsinken auf einem dünnen Stückchen Glas im Innern der Spindel;
- x. der Balast, den man bei Versuchen mit Flüssigkeiten, von größerer spezifischer Schwere, als das Wasser, in die untere Schale legt.

Das Gravimeter senkt man in ein cylindrisches mit Wasser gefülltes Gefäß bis zum Normalpunkt c. Man wählt hierzu ein Gefäß von hinlänglicher Tiefe, damit das Gravimeter ungehindert bis zum Normalpunkt und tiefer einsinken könne, ohne daß der Boden der obern Schale mit dem Spiegel der Flüssigkeit in Berührung komme.

Wegen seiner Zerbrechlichkeit muß dieses Instrument in einem Kästchen aufbewahrt werden, in welchem auf einem angeklebten Papiere das Gewicht des Instrumentes mit und ohne Balast und das Volumen Wasser bemerkt ist, welches in dem einen und dem andern Falle verdrängt wird; denn es ist oft nöthig, daß man diese Gewichte genau kenne.

Dieses Instrument kann zur Bestimmung der specifischen Schwere fester und flüssiger Körper gebraucht werden und weicht nur darin von Nicholson's Hydrometer ab, daß es aus Glas verfertigt ist. Die einzige nothwendige Bedingung, wenn man sich dieses Instrumentes bedient, ist die, daß das absolute Gewicht des zu untersuchenden Körpers geringer als das constante Zulegegengewicht sei, welches in Morveau's Gravimeter 115 Gran betrug.

Für Flüssigkeiten von geringerer specifischer Schwere als das Wasser, wog das Instrument, ohne das Zulegegengewicht und bei den angegebenen Dimensionen, 459 Gran. Man könnte dieses Gewicht leicht vermindern, wenn es nöthig wäre. Man hat demnach $\frac{1}{2}$ Schwimmkraft und ist dadurch im Stande, alle specifischen Schwere zu bestimmen, welche zwischen derjenigen des Wassers und dem spiritus vini rectificatissimus liegen. Letztere verhält sich bekanntlich in dieser Beziehung zum Wasser wie 8 : 10.

Sollen Flüssigkeiten von größerer specifischer Schwere als das Wasser untersucht werden, so legt man in das untere Schälchen ein constantes Zulegegengewicht oder Balast, was bei Guyton de Morveau's Gravimeter 138 Gran wog. Das Instrument kann alsdann in der obern Schale mehr als den vierfachen Betrag des gewöhnlichen Zulegegengewichts für die untere Schale aufnehmen, ohne das Gleichgewicht seiner verticalen Stellung zu verlieren. In diesem Zustande kann man damit die specifische Schwere der concentrirtesten Säuren ausmitteln.

Mit Nicholson's Instrument hat es noch die Eigenschaft gemein, daß es als eine Wage zur Bestimmung des absoluten Gewichtes solcher Körper gebraucht werden kann, die nicht schwerer als das Zulegegengewicht sind. Es läßt sich also damit bestimmen:

- 1) die specifische Schwere fester Körper, deren absolutes Gewicht weniger als 115 Gran beträgt;
- 2) die specifische Schwere von Flüssigkeiten von geringerer Dichtigkeit als das Wasser;
- 3) die specifische Schwere von Flüssigkeiten, die eine größere Dichtigkeit als das Wasser besitzen;
- 4) das absolute Gewicht von Körpern, welche weniger als 115 Gran wiegen; und
- 5) die Verdünnung und Verdichtung des Wassers in Bezug auf sein primitives Volumen, wenn der Grad seiner Reinheit vorläufig bekannt war.

Um die specifische Schwere irgend eines festen Körpers mit diesem Instrumente zu finden, legt man den festen Körper in die obere Schale und setzt Gewichte zu, bis das Normalzeichen mit dem Spiegel des Wassers oder jeder andern schicklichen Flüssigkeit in einer Ebene liegt. Den Betrag der zugelegten Gewichte zieht man von 115 Gran ab, und die Differenz ist das absolute Gewicht des festen Körpers. Man multiplicire diese Differenz mit der specifischen Schwere der Flüssigkeit und zeichne das Product auf. Man bringe hierauf den festen Körper in die untere Schale und lege in der obern Schale Gewichte zu, bis das Instrument seinen Normalstand in der Flüssigkeit erlangt hat. Diese Gewichtszufüge ziehe man von jenen Gewichtszufügen ab, die eingelegt worden sind, als der Körper sich in der obern Schale befand, und die Differenz drückt den Gewicht-

verlust des festen Körpers in der Flüssigkeit aus. Das vorher aufgezeichnete Product dividire man mit diesem Gewichtverlust, und der Quotient gibt die spezifische Schwere des festen Körpers in Bezug auf die spezifische Schwere der Flüssigkeit, in welcher die Wägung angestellt worden ist.

Folgende Formel gibt eine deutlichere Uebersicht des eben Gesagten:

$$P = \frac{k - l}{m - l},$$

wenn man nämlich den Körper in Wasser gewogen hat und die spezifische Schwere dieser Flüssigkeit als Einheit angenommen wird.

Wenn man eine andere Flüssigkeit als Wasser angewendet hat, und A die Zahl bezeichnet, welche die spezifische Schwere dieser Flüssigkeit ausdrückt, so erhält man folgende Formel:

$$P = \frac{A(k - l)}{m - l} = \frac{Ap}{n}$$

Die Buchstaben behalten nämlich hier dieselbe Bedeutung wie oben.

Um die spezifische Schwere einer Flüssigkeit zu finden, senkt man das Gravimeter in dieselbe und bemerkt die Gewichte, welche man zulegen muß, damit das Instrument bis an den Normalpunkt einsinkt. Den Betrag dieser Gewichte addirt man zum Gewichtsbetrage des Instrumentes. Dann addirt man auch den Gewichtsbetrag des Instrumentes und die Zulegegengewichte zusammen, die man anwenden muß, damit der Normalstand in destillirtem Wasser erlangt werde. Erstere Summe dividirt man hierauf mit der zweiten, und der Quotient drückt die spezifische Schwere der Flüssigkeit aus.

Der Balast, den man in die untere Schale legt, wenn Flüssigkeiten untersucht werden sollen, die schwerer als Wasser sind, nimmt einige Aufmerksamkeit in Anspruch, auf daß er mit dem konstanten obern Gewicht, in Bezug auf die Einsenkung, genau übereinstimme. Aber durch sorgfältige Adjustirung läßt sich dieses äußerst genau und zuverlässig bewerkstelligen.

Dem Glasstücke gibt man erst die gehörige Form durch Abschleifen und alsdann nimmt man immer mehr ab, bis dasselbe in destillirtem Wasser und bei gegebener Temperatur und Barometerhöhe, in die untere Schale gelegt, dasselbe Einsinken des Instrumentes bewirkt, als das konstante Gewicht der obern Schale in derselben Flüssigkeit. Dieses konstante Zulegegengewicht in der obern Schale betrug, wie bemerkt worden, bei Morveau's eigenem Gravimeter 115 Gran.

Auf diese Weise läßt sich leicht der größte Grad der Genauigkeit erlangen, da alles auf der Adjustirung eines Gewichtes beruht.

§. 10. Aräometrische Kügelchen.

Seit langer Zeit hat man sich eines frischen Eies, oder eines Bernsteinstückes bedient, welche man in einer Salzauflösung schwimmen ließ, um daraus den Grad der Concentrirung zu beurtheilen und ohne andere Untersuchung zu erfahren, ob die Flüssigkeit für die Crystallisation hinlänglich abgeraucht sei.

Der verstorbene Dr. Wilson, Prof. der Astronomie auf der Universität zu Glasgow, machte den Vorschlag, die spezifische Schwere der Flüssigkeiten durch eine Reihenfolge kleiner hohler Glas Kügelchen von verschiedener spezifischer Schwere zu messen. Wirft man eine gewisse Quantität dieser Kügelchen in die Flüssigkeit, so werden alle diejenigen, welche schwerer sind, zu Boden sinken; dagegen diejenigen, welche leichter sind, auf der Oberfläche schwimmen.

Die Hrn. Lodi haben die aräometrischen Kügelchen zu großer Vollkommen-

heit gebracht, und sie werden jetzt von den ersten Destillateurs und Manufacturisten angewendet.

Diese Kugeln bekommt man in Büchsen, welche verschiedene Quantitäten derselben enthalten, je nach dem Gebrauche, den man davon machen will. Sie sind von zwei zu zwei Einheiten in der dritten Stelle der specifischen Schwere fortnumerirt, wie z. B. 920; 922; 924; 926; u. s. w.

Will man spirituose Flüssigkeiten auf diesem Wege untersuchen, so sind 30 Kugeln schon hinreichend, aber die vollständige Reihenfolge für alle Flüssigkeiten vom Aether bis zur ganz concentrirten Schwefelsäure besteht ungefähr aus 300 Stück. Da diese Kugeln mit ihrer respectiven specifischen Schwere bezeichnet sind, so braucht man nur eine Quantität derselben in die Flüssigkeit zu werfen, bis man eine darunter bemerkt, welche nicht ganz auf der Oberfläche schwimmt; aber auch nicht ganz unter den Spiegel der Flüssigkeit hinabsinkt. Die auf dieser Kugel befindliche Zahl zeigt alsdann die specifische Schwere der Flüssigkeit an. Diesen Kugeln ist gewöhnlich ein Rechenstab und ein Thermometer beigegeben, um die Correctionen für Differenzen der Temperatur zu machen und die Stärke der Geister in der Sprache der Kaufleute und der Accisbeamten zu finden.

Diese Art des Aräometers ist in der That sehr bequem, nur dabei ziemlich theuer. Erfährt indessen ein gewöhnliches Hydrometer z. eine Beschädigung, so läßt sich derselben fast niemals wieder abhelfen, während für den Fall, daß eine solche Glaskugel zerbrochen wird, der Verlust äußerst leicht zu ersetzen ist. Die specifische Schwere einer Flüssigkeit läßt sich übrigens in vielen Fällen hinlänglich genau bestimmen, wenn selbst eins oder zwei Kügelchen in der Reihe fehlen sollten.

Um bestimmen zu können, ob eine Salzlösung hinlänglich abgeraucht oder concentrirt worden sei, bedient sich Hr. Loubon zwei solcher Glaskugeln, die eine nämlich leichter, als die specifische Schwere der Flüssigkeit, wenn sie gehörig concentrirt ist, und die andere dagegen etwas schwerer. Sinken beide Kugeln, so ist die Flüssigkeit noch nicht gehörig abgedampft; und schwimmen dagegen beide auf der Oberfläche, so ist sie zu stark concentrirt. Nur dann hat sie die gehörige Stärke erlangt, wenn eine Kugel schwimmt und die andere unter sinkt.

§. 11. Neues Pyrometer, von Hrn. Pouillet.

Dieses Instrument ist ein ovales Gefäß von Platina, an eine Röhre desselben Metalls gelöthet, deren Capacität bekannt ist. Dies Gefäß ist mit einem graduirten Rohr verbunden, so daß die Zunahme des Volumens, welches durch Steigen der Temperatur verursacht wird, unverzüglich gelesen werden kann. Um sich dieses Pyrometers zu bedienen, wird das Platina-Gefäß in den Ofen gesetzt, dessen Temperatur man kennen lernen will. Da das ursprüngliche Volumen der in dem Instrument enthaltenen Luft oder Gas bekannt ist, so wird die Temperatur durch die Zunahme ihres Volumens angedeutet. *Journal de Pharmacie*, April 1829.

Auswahl empfehlenswerther Werke,

welche

bei **Gottfr. Basse** in **Quedlinburg** und **Leipzig**
seit einigen Jahren erschienen und in allen Buchhandlungen Deutschlands
für beigesezte Preise zu haben sind.

Naturkunde, Astronomie &c.

J. G. J. Ballenstedt:

Die Urwelt,

oder Beweis von dem Dasein und Untergange von mehr als Einer Vorwelt. 3 Theile.
3te vermehrte und verbesserte Aufl. gr. 8. 3 Thlr. 10 Sgr. (1r Theil 1 Thlr. 5 Sgr.
2r Theil 1 Thlr. 3r Theil 1 Thlr. 5 Sgr.)

J. J. Berzelius:

Lehrbuch der Chemie

in gedrängter Form. Bearbeitet von **Friedr. Schwarz**. 2 Hefte. Mit Abbil-
dungen. gr. 8. geh. à Hest 22 $\frac{1}{2}$ Sgr. (Das Ganze wird 8 Hefte stark, deren
2 Einen Band bilden.)

J. F. Krüger:

Geschichte der Urwelt,

in Umrißen entworfen. 2 Theile. gr. 8. 6 Thlr. 10 Sgr. (1r Theil
2 Thlr. 10 Sgr. 2r Theil 4 Thlr.)

Dieses gebiegene, in echt philosophischem Geiste verfaßte Werk hat sich eines hohen Beifalls
und der ehrenvollsten Beurtheilungen seit seinem Erscheinen zu erfreuen. Der erste Theil
handelt vom Weltall, von den darin befindlichen Körpern, vom Entstehen und Ausbilden des
Erdbplaneten, von den verschiedenen Beträumen der Urwelt, und von allen damals vorhand-
benen Pflanzen, Thieren und Menschenstämmen. — Der 2te Theil enthält alles Wissens-
werthe über Versteinerungen, oder über urweltliche Pflanzen, und Thierkunde, ferner über
das Entstehen des Menschengeschlechts, dessen ersten Aufenthaltsort, Bildungszustand und
über die von ihm auf und gekommenen Denkmähler, Kunstzeugnisse und Sagen Geschichten.

J. F. Krüger:

Urweltliche Naturgeschichte

der organischen Reiche In alphabetischer Ordnung. 2 Theile. gr. 8. 3 Thlr. 25 Sgr.
Dieses neueste Werk eines ehrenvoll ausgezeichneten und beliebten Schriftstellers füllt die
große Lücke aus, welche alle in Deutschland erschienene Wörterbücher und Encyclopädien gela-
ssen haben, und welche den Freunden der Naturwissenschaft sehr fühlbar geworden war. Es
ist die erste vollständige Petrefactenkunde und gewährt eine sehr genaue Uebersicht
aller Denkmähler, welche der Erdbplanet selbst von seinen früheren Bewohnern aufbewahrt hat.
Geologen, Geognosten, Mineralogen, Drytognosten, und überhaupt den Freunden der Na-
turwissenschaften ist diese urweltliche Naturgeschichte ein unentbehrliches Handbuch, das ih-
nen in allen vorkommenden Fällen befriedigende Auskunft gewähren wird. Vorzüglich schätz-
bar aber wird sie den jetzt überall in Deutschland verbreiteten Sammlern von Versteinerungen
sein, um darnach die aufgefundenen oder in der Sammlung befindlichen zweifelhaften Stücke
genau zu bestimmen und zu ordnen.

Joh. Friedr. Krüger:

Das Thierreich,

Ein naturgeschichtliches Handbuch für die gebildete deutsche Jugend. gr. 8.

In drei verschiedenen Ausgaben:

Ausgabe No. I., mit 328 illuminirten Abbildungen auf 22 Tafeln. 6 Thlr. (Diese
Ausgabe wird in Halbfranzband gebunden ausgegeben.)

Ausgabe No. II., mit 328 schwarzen Abbildungen auf 22 Tafeln. 4 Thlr. 5 Sgr.
Ausgabe No. III., ohne Abbildungen. 2 Thlr. 25 Sgr.

Carl Lyell's

(Professor der Geologie zu London, Secretair der geologischen, Mitglied der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften daselbst u. c.).

Lehrbuch der Geologie.

Ein Versuch, die früheren Veränderungen der Erdoberfläche durch noch jetzt wirksame Ursachen zu erklären. Aus dem Englischen übersezt und mit Anmerkungen von Dr. C. Hartmann, (Braunschweig, Bergcommissair, Mitglied der Wernerischen naturforschenden Gesellschaft zu Ebinburg und mehrerer anderer gelehrten Vereine). 1r Band. Nebst 19 lithographischen Tafeln. gr. 8. 3 Thlr. 5 Sgr.

Ein Werk, welches das größte Aufsehen gemacht und die allgemeinste Anerkennung gefunden hat. Man vergl. Pölik's Repert. 1833. Nr. 1. pag. 13 von Brande's. — Leipz. Lit. Btg. 1833. Nr. 30.

v. Malinowsky: Elementarbuch der Insektenkunde,

vorzüglich der Käfer. Nebst einer Anweisung, die Insekten zu erkennen; zu bestimmen, zu finden, aufzuspießen, zu sammeln, zu stellen, aufzubewahren und zu versenden. Ein Geschenk für kleine Insektenforscher. 8. geh. 1 Thlr.

S. A. E. Richter's Handbuch der

populären Astronomie

für die gebildeten Stände, insbesondere für denkende, wenn auch der Mathematik nur wenig oder gar nicht kundige Leser. 2 Theile. Mit 1 Atlas Abbildungen und 3 Tabellen. 8. Preis 6 Thlr. 25 Sgr.

Die Astronomie ist die Krone der Naturwissenschaften; sie enthält das geistige Element in einem solchen Grade, daß sie darin fast alle andere Wissenschaften übertrifft und unmittelbar dahin wirkt, die höchsten Ideen des Wahren, Schönen und Guten in der Seele hervorzurufen. Darum spricht sie denn auch Jedem an, dessen inneres Selbst noch nicht ganz verkrüppelt ist; ja, das bloße Anschauen des gestirnten Himmels erweckt schon in der Seele, auch des Ununterrichteten, eine Menge von Vorstellungen und Empfindungen, die ihn erheben und läutern und mit Ahnungen des Unsichtbaren erfüllen. Ist es doch, als ob eine geheime Zauberwelt den Menschen zu jenen glänzenden Gestirnen hinzöge, wenn er sie in ruhigem Schweigen ihre Bahnen dahin wandeln sieht, als ob nicht hier, sondern dort die wahre Heimath seines Geistes wäre, als ob er Flügel bekommen müßte, um sich aufzuschwingen, wo Orion sich gürtet und der Schwan seine Silberfittige entfaltet.

Geschichtliche Werke

C. Botta:

Geschichte Italiens

vom Jahre 1789 bis 1814. Aus dem Italienischen übersezt von L. G. Förster. 8 Bde. gr. 8. geh. 10 Thlr. 20 Sgr.

Dieses schätzbare Werk, welches einen höchst wichtigen Zeitraum der Geschichte (1789 — 1814) eines der schönsten Länder Europens umfaßt, hat in Italien und Frankreich mit Recht allgemeinen Beifall gefunden; auch für Deutschland ist dasselbe von hohem Interesse, da es uns die genauesten Details jener Epoche freimüthig und unparteiisch darbietet. Der Verfasser verbindet mit der größten Unparteilichkeit und Wahrhaftigkeit einen ruhigen Geist, ein festes, kühnes Urtheil; er lobt das Lobenswerthe und tadelt das, was Tadel verdient, aber nicht im Tone des Fehlers aufsuchenden Kritikers, sondern als scharfsinniger Geschichtsschreiber, der nur ein Ziel — die göttliche Wahrheit — vor Augen hat. Gegenwärtige Verbeutung entspricht dem Original vollkommen; dafür bürgt schon der Name des rühmlich bekannten Uebersetzers.

C. Botta:

Geschichte des Krieges

für die Unabhängigkeit der Vereinigten Staaten Amerika's. Nach der dritten Original-Ausgabe aus dem Italienischen übersezt von S. D. S. Schatzm. 1r Band. gr. 8. geh. 1 Thlr. 10 Sgr.

Arnault:
Leben Napoleon's.

Aus dem Französischen übersetzt von Dr. F. H. Ungewitter, 4 Theile, Taschenformat.
 geh. Druckpapier 1 Thlr. 15 Sgr. Velinpapier 2 Thlr. 20 Sgr.

Donndorff:
Geschichte der Erfindungen

in allen Theilen der Wissenschaften und Künste, von der ältesten bis auf die gegenwärtige
 Zeit. In alphabetischer Ordnung. 6 Bände. gr. 8. 12 Thlr. 10 Sgr. Setzter herab-
 gefester Preis: 7 Thlr. 20 Sgr.

Der Werth dieses trefflichen Werkes ist in allen kritischen Blättern bereits rühmlichst
 anerkannt; denn es hat vor ähnlichen Werken den großen Vorzug, daß es mit der mög-
 lichsten Vollständigkeit die bündigste Kürze verbindet. Dasselbe eignet sich nicht nur für
 Gelehrte, Beamte, Geschäftsmänner, Kaufleute, Technologen, sondern überhaupt für jeden
 Gebildeten. Den herabgesetzten Preis von 7 Thlr. 20 Sgr. (der volle Ladenpreis ist 12
 Thlr. 10 Sgr.) werden wir noch für die Dauer des laufenden Jahres beibehalten.

J. W. Lasker:
Das Leben des Lord Byron.

Verdeutschet von Dr. Friedr. Pauer. Mit Lord Byron's wohlgetroffenem Bildnisse. 8.
 geh. 1 Thlr. 5 Sgr.

Lord Byron, so bewundernswürdig als Dichter, ist nicht minder merkwürdig als Mensch,
 wegen seines sonderbaren Charakters, seiner eigenthümlichen Lebensweise, seiner mannichfa-
 chen Schicksale. Erst wenn wir ihn als Mensch näher kennen gelernt haben, begreifen wir
 so manche individuelle Beziehung in seinen Dichtungen, da, wo sie das Organ seiner eigenen
 Gefühle, seiner verwundeten Gemüths, seiner Leidenenschaften sind. Gegenwärtige, von dem
 englischen Herausgeber von Byron's sämtlichen Werken verfaßte Biographie des großen
 Dichters wird daher den vielen Freunden und Besitzern seiner Werke eine angenehme Er-
 sehnung sein.

Dr. John Lingard:
Geschichte Englands,

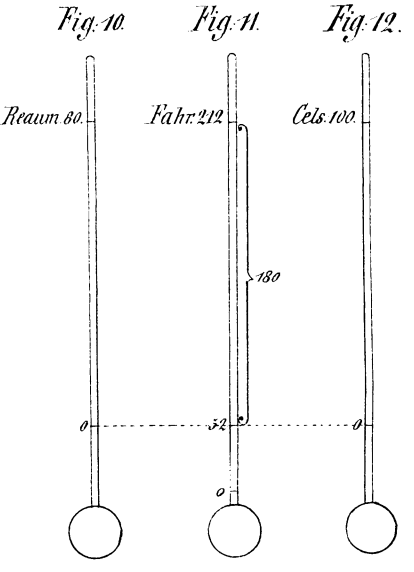
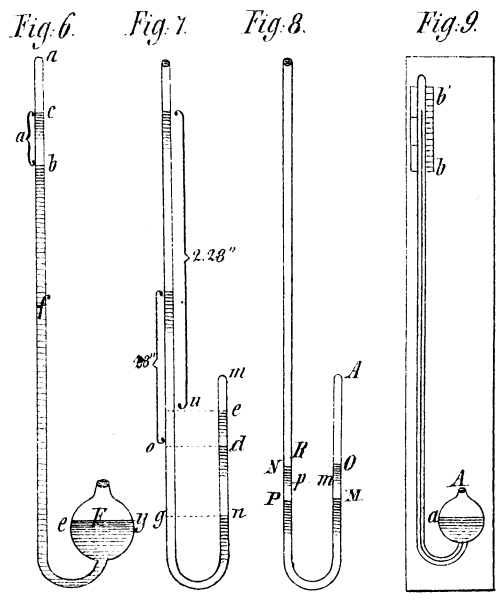
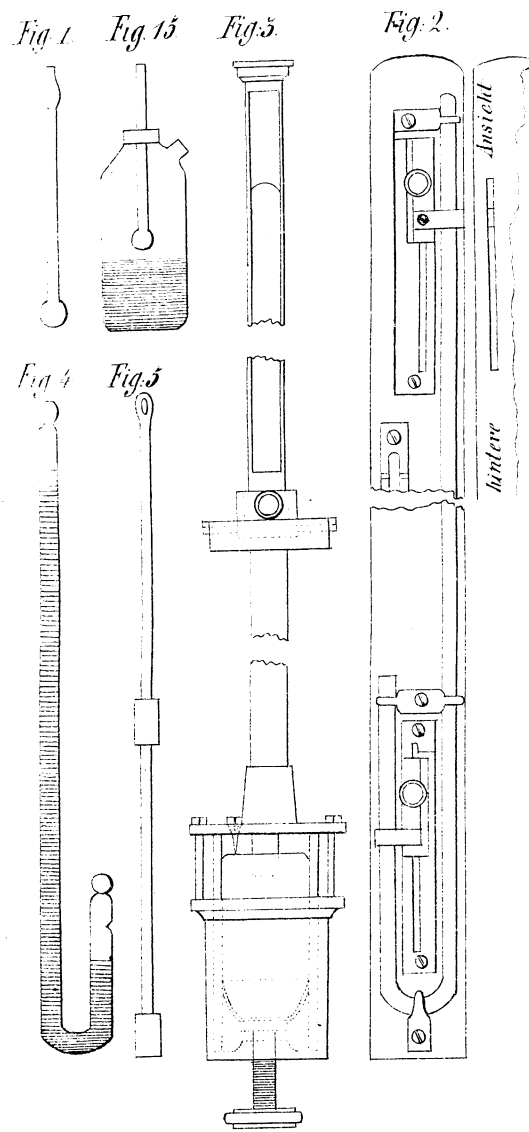
von dem ersten Einfälle der Römer an. Nach der dritten Ausgabe des Originals verdeutschet
 von G. v. S. Band I—VII. Taschenformat. geh. 7 Thlr. 26½ Sgr.

In der neueren historischen Literatur Europens steht Lingard's „Geschichte von Eng-
 land“ als ein bewunderungswürdiges Meisterwerk da. Lingard hat die schwere Aufgabe
 gelöst, ein authentisches und pragmatisches Werk zu liefern, worin nicht nur die dunkle ältere
 Geschichte jenes merkwürdigen Insellandes in ein möglichst helles Licht gesetzt, sondern auch
 dessen äußerst verwickelte neuere Geschichte bis auf Georg III. mit größter Umsicht und Klar-
 heit dargestellt und sehr anziehend erzählt ist. Dieses classische Geschichtswerk eignet sich nicht
 nur für den Geschichtsfreund, sondern überhaupt für jeden Gebildeten, dem es um echt geistige
 und belehrende Unterhaltung zu thun ist. Gegenwärtige Uebersetzung darf um so mehr em-
 pfohlen werden, da sie von einem, der deutschen Lesewelt nicht unbekanntem Schriftsteller
 herkommt, das Original vollständig und mit allen Anmerkungen wiedergibt, auf gutes,
 weißes Papier gedruckt ist und für einen äußerst wohlfeilen Preis verkauft wird.

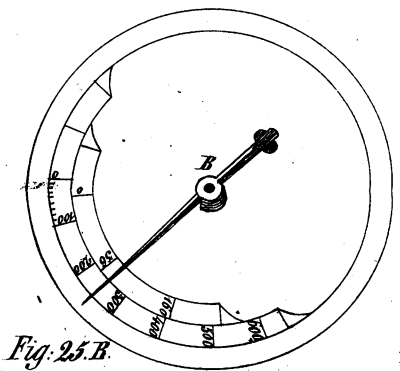
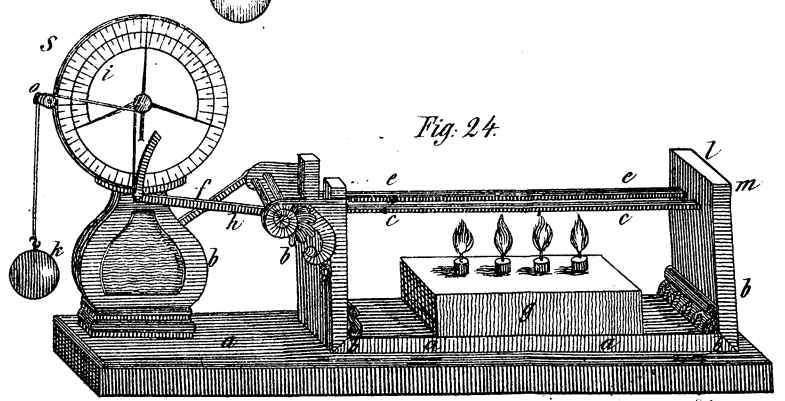
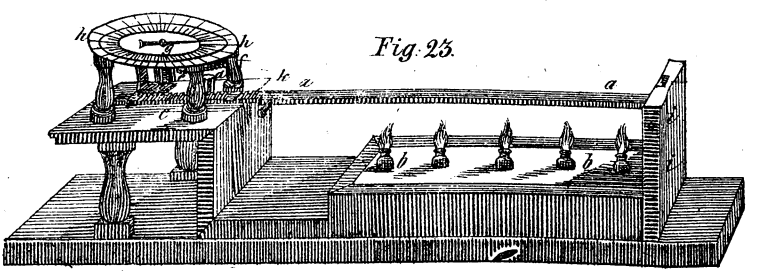
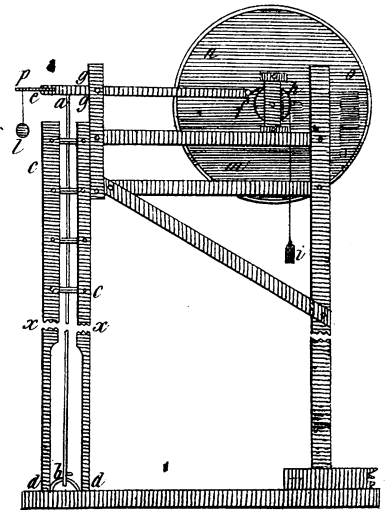
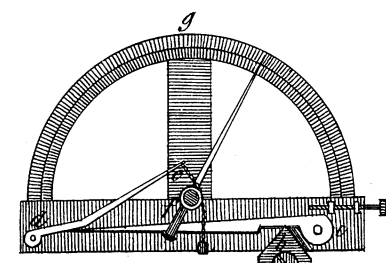
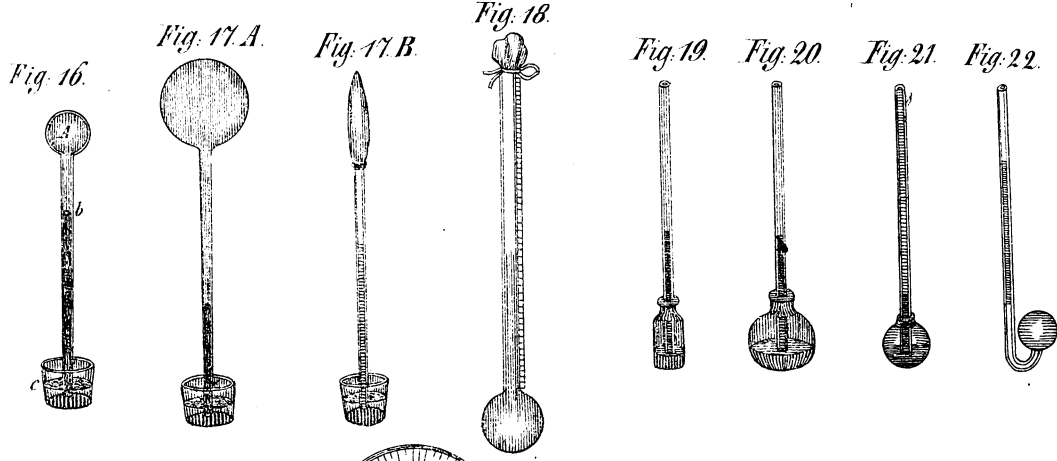
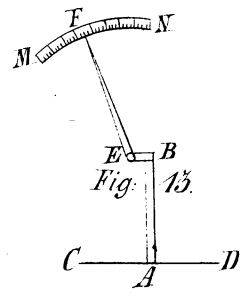
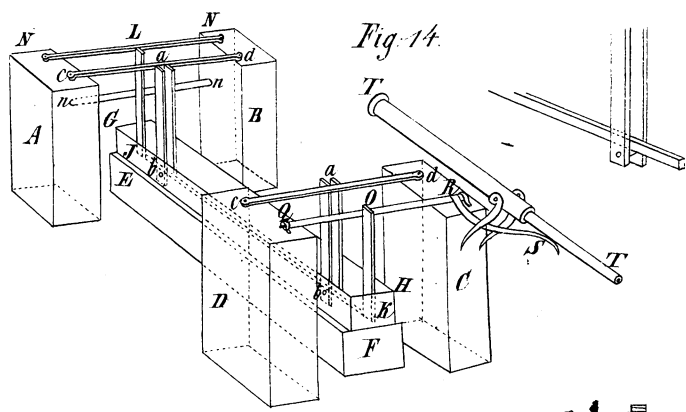
Michaud:
Geschichte der Kreuzzüge.

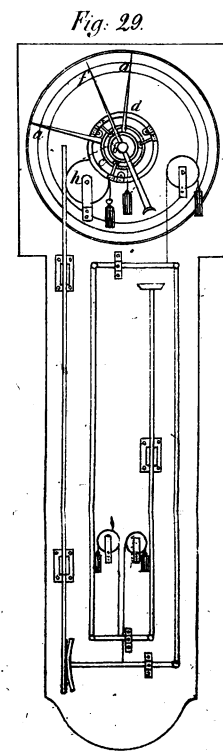
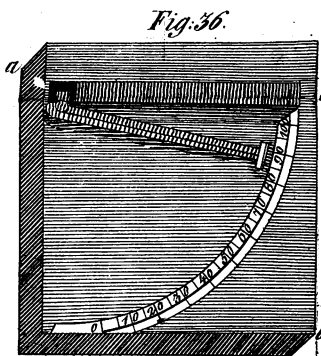
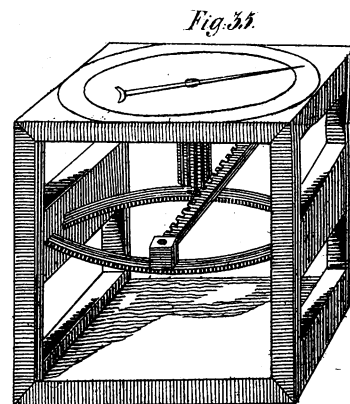
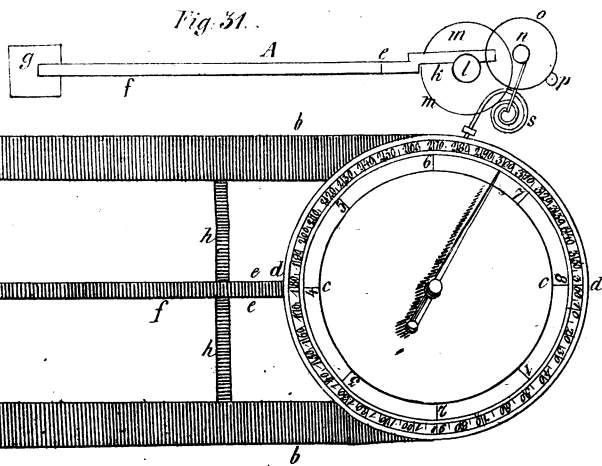
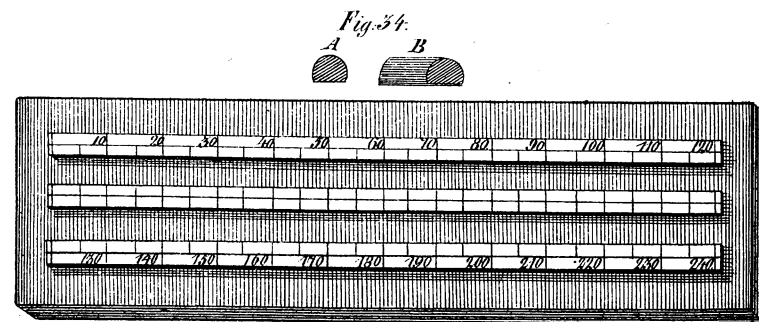
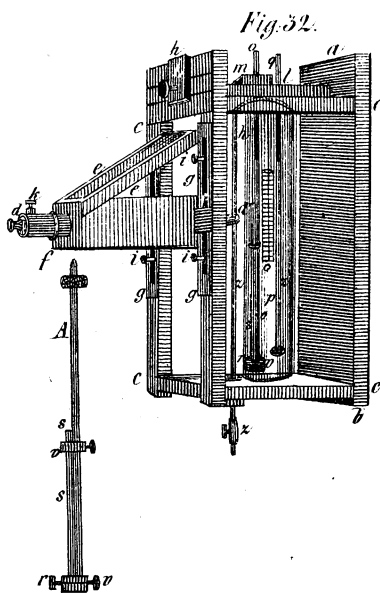
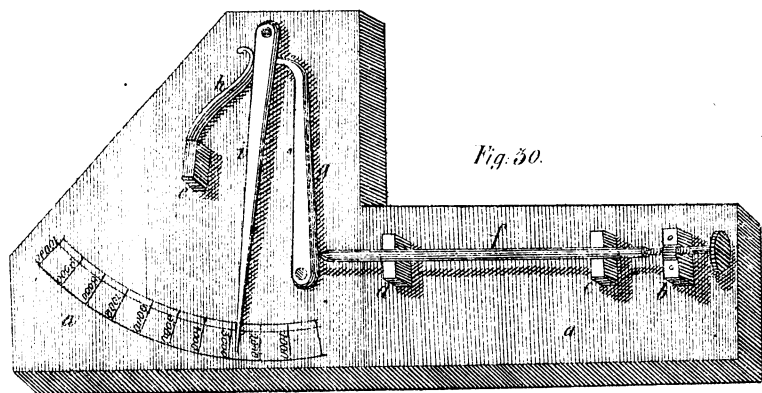
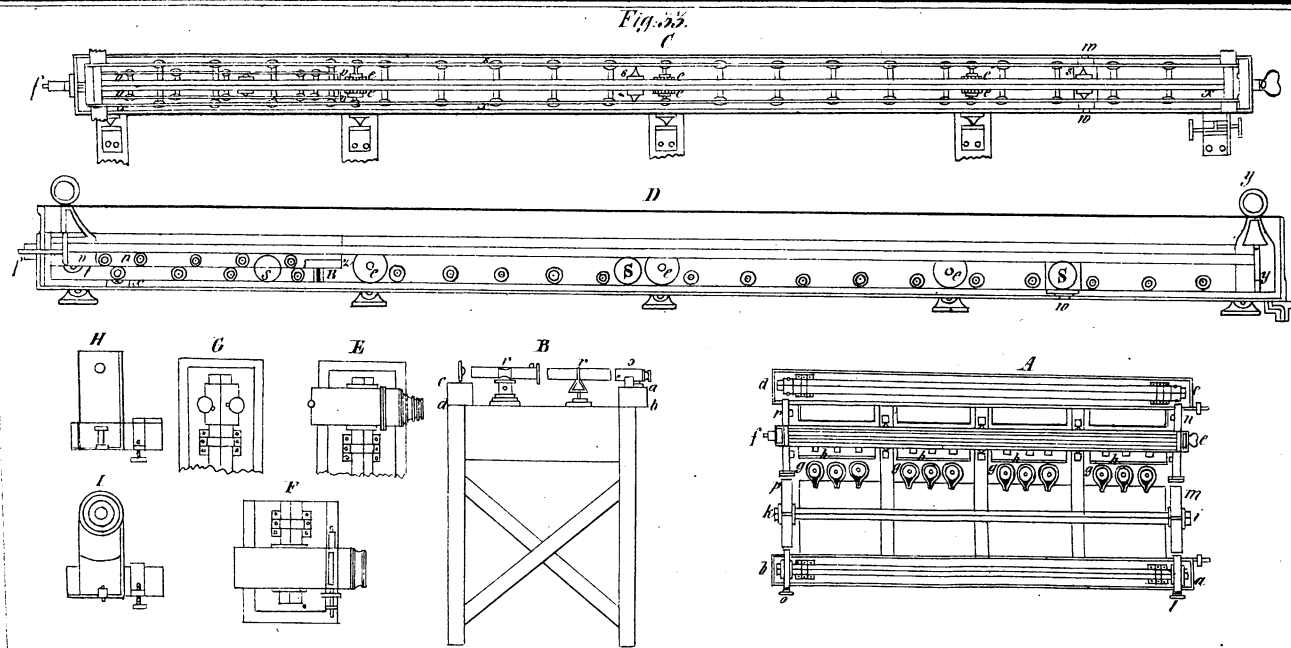
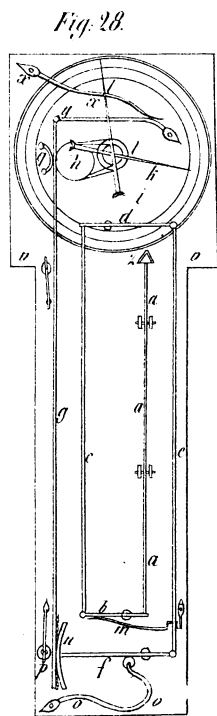
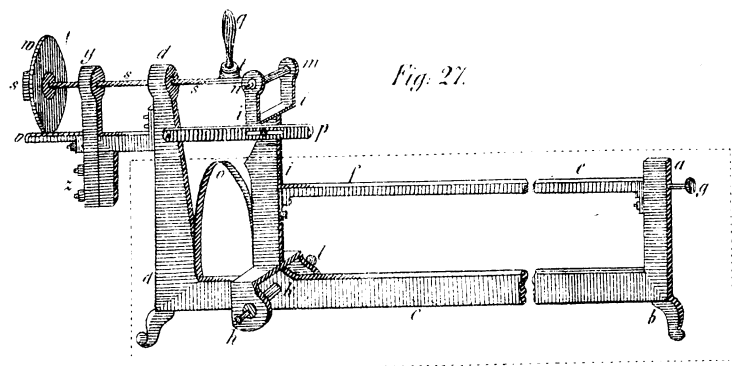
Nach der vierten französischen Original-Ausgabe übersetzt von Dr. F. H. Ungewitter.
 7 Bde. Mit Bildnissen und Wagn. gr. 8. 10 Thlr. 25 Sgr.

Zu den großartigsten, merkwürdigsten Begebenheiten der ältern Geschichte gehören die,
 zur Eroberung des heiligen Grabes und zur Unterjochung der Saracenen unternommenen
 Heereszüge nach dem Oriente, die sogenannten Kreuzzüge. Franzosen, Deutsche, Engländer,
 Italiener, Spanier und Portugiesen vereinigten sich, angetrieben vom religiösen Eifer, zu
 großen Heerschaaren, welche oft zu Tausenden dem Ungemach, dem Hunger und Durst erla-
 gen, oder eine Beute der furchtbaren, menschenwürgenden Schlachten wurden. Beispiele
 erhabener Tugenden und schrecklicher Laster, wahrhafter Gottesfurcht und niederträchtiger
 Heuchelei finden wir hier in Menge und oft im sonderbarsten Contraste. — Die „Geschichte
 der Kreuzzüge“ von Michaud ist das neueste, beste und ausführlichste Werk über diesen
 Gegenstand; Chateaubriand nennt es das historische Meisterwerk unseres Jahrhunderts.



Apparat von Lavoisier und Laplace zur Messung der Ausdehnung fester Körper





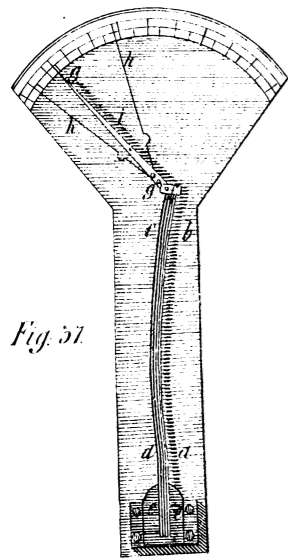


Fig. 37.

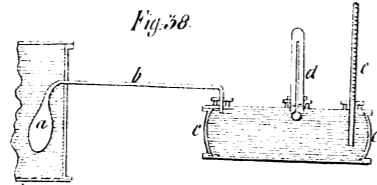


Fig. 38.

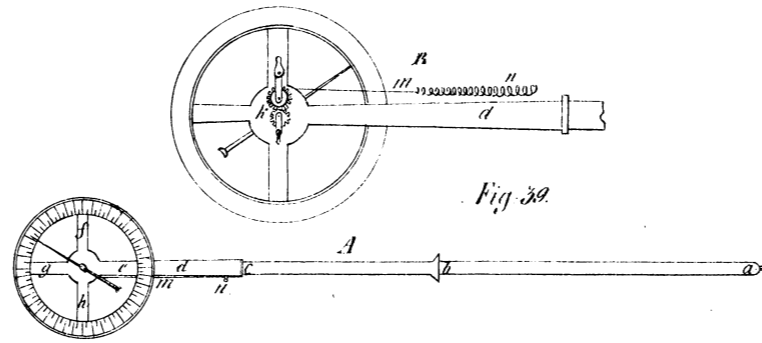
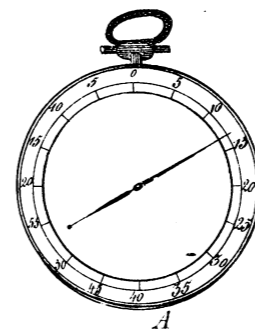


Fig. 39.



A

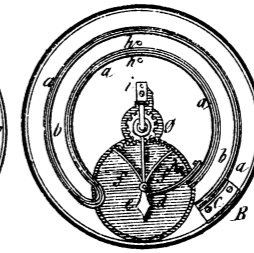


Fig. 41.

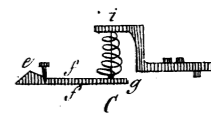


Fig. 48.

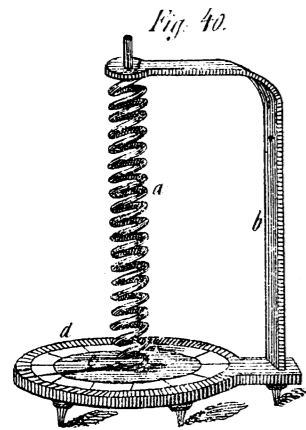


Fig. 40.

Fig. 44.



Fig. 45.



Fig. 42.



Fig. 46.

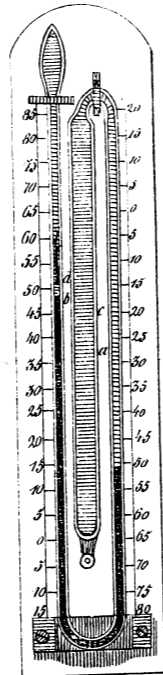


Fig. 47.

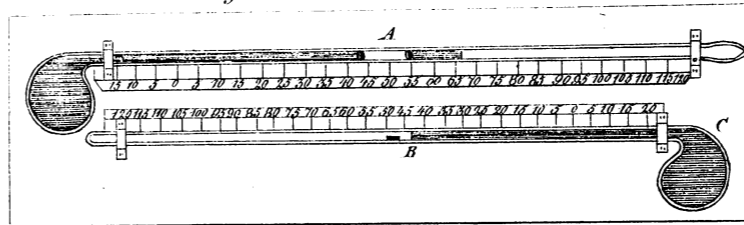


Fig. 55.

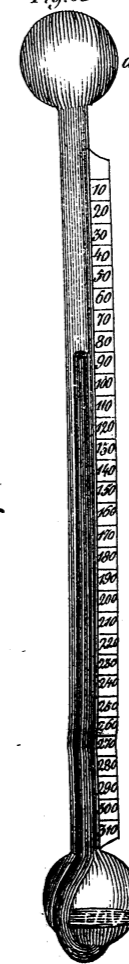


Fig. 52.



Fig. 54.

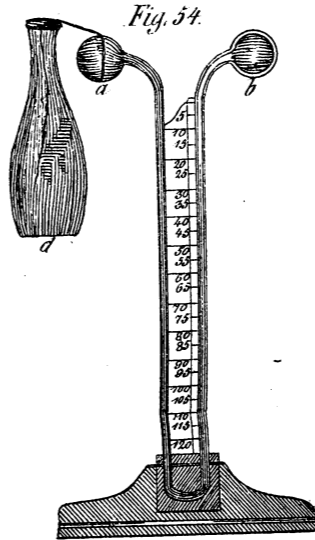


Fig. 53.

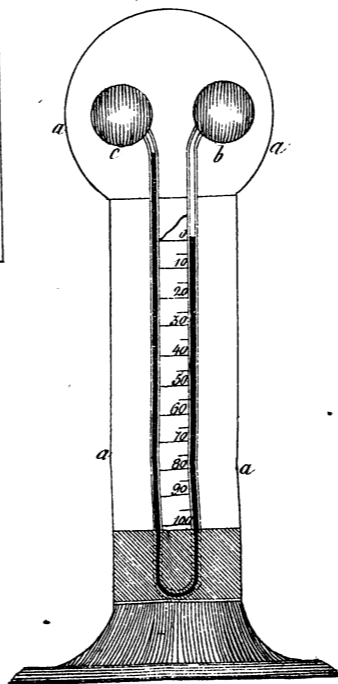


Fig. 43.

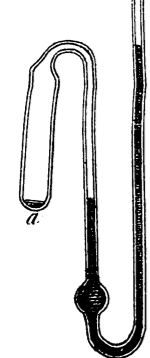


Fig. 49.

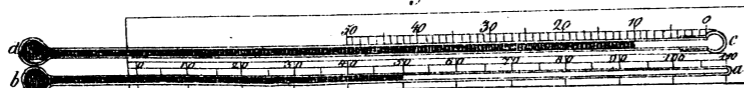
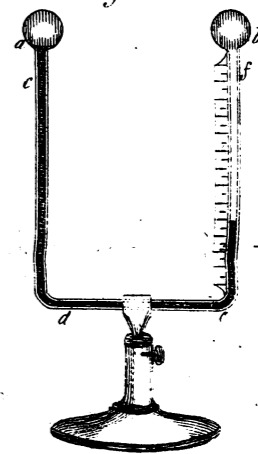


Fig. 50.



Fig. 51.



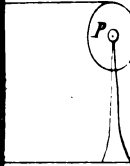
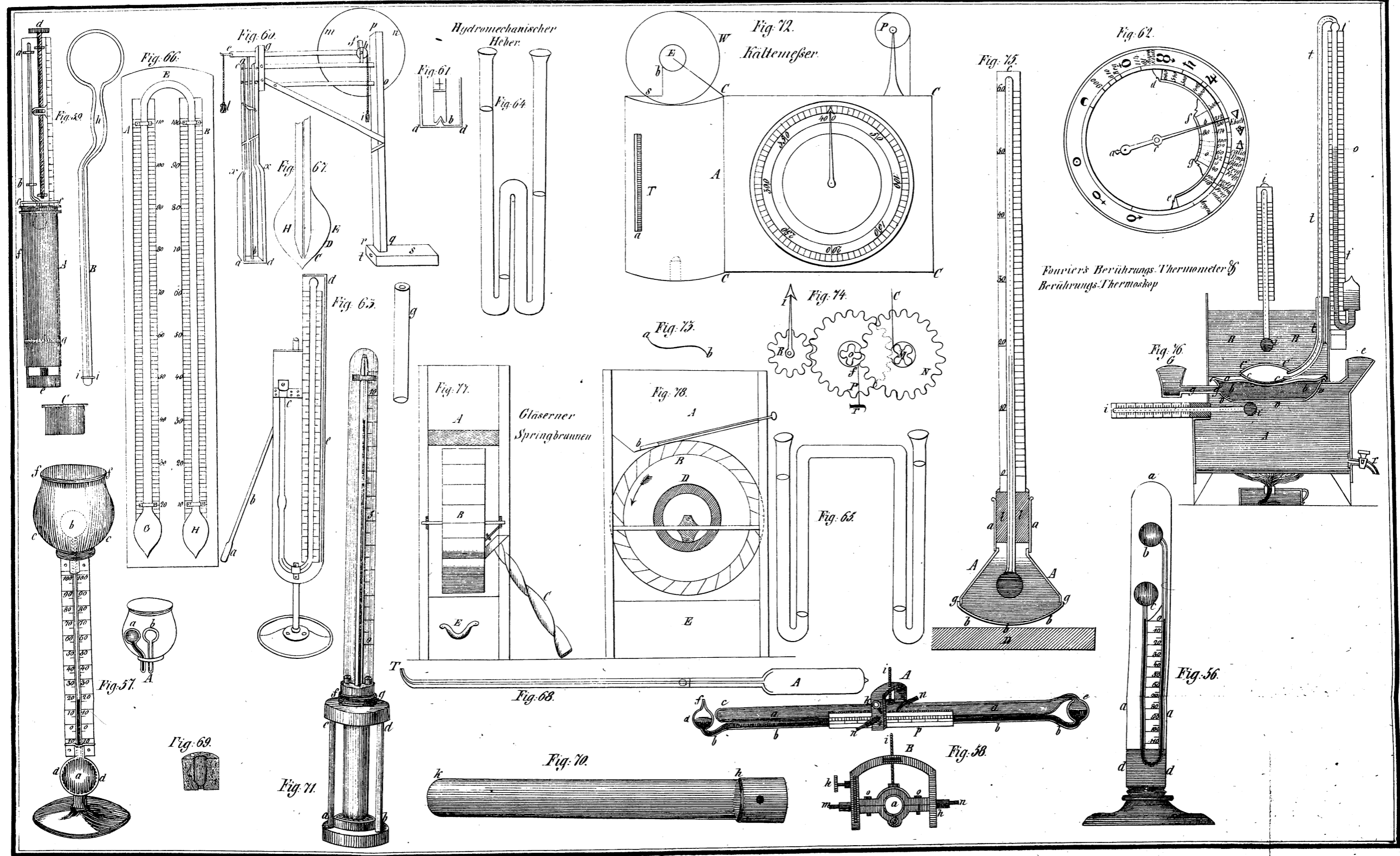
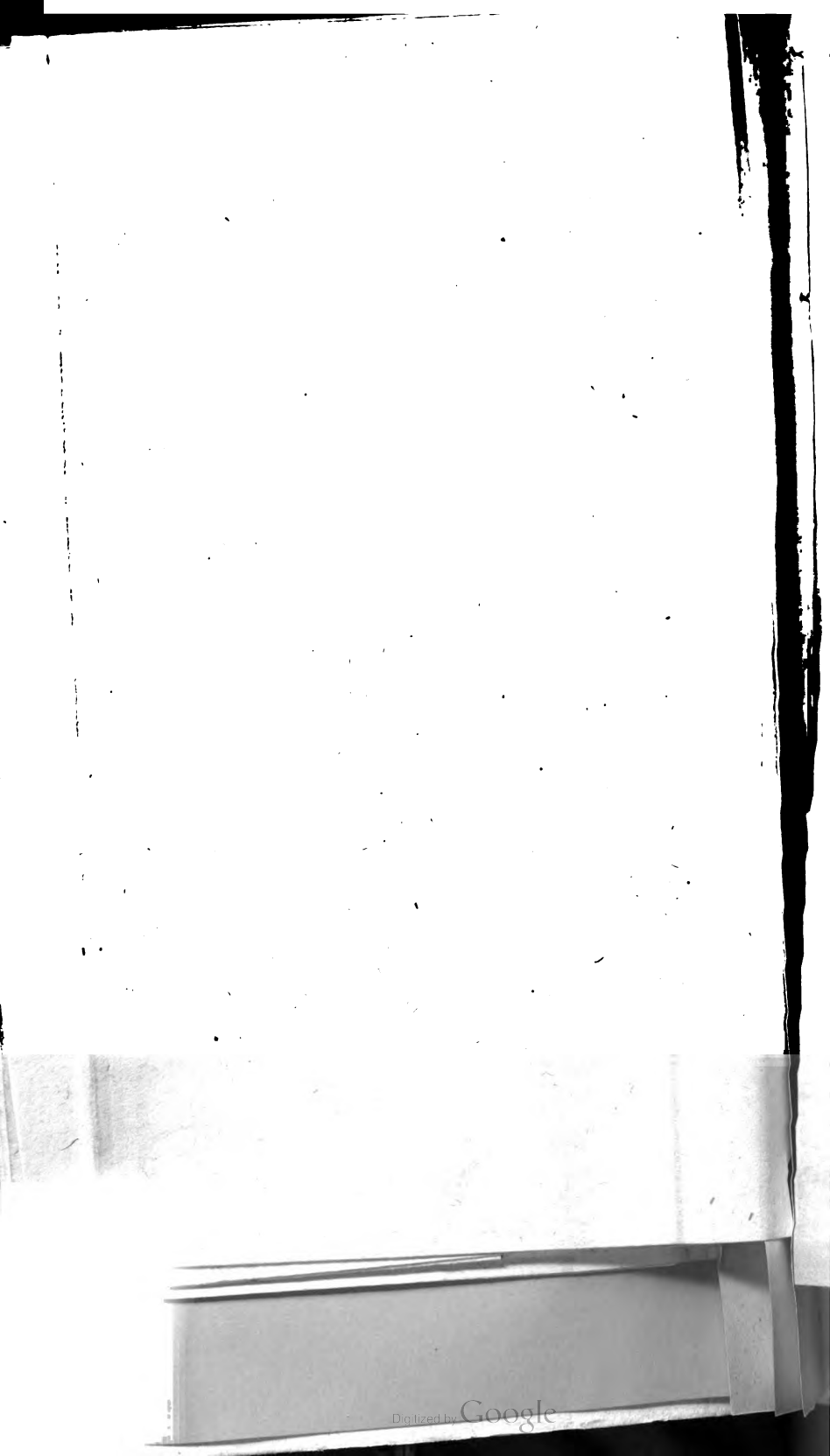


Fig. 74







Benoit's Hygrometer.

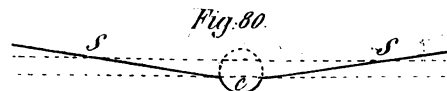
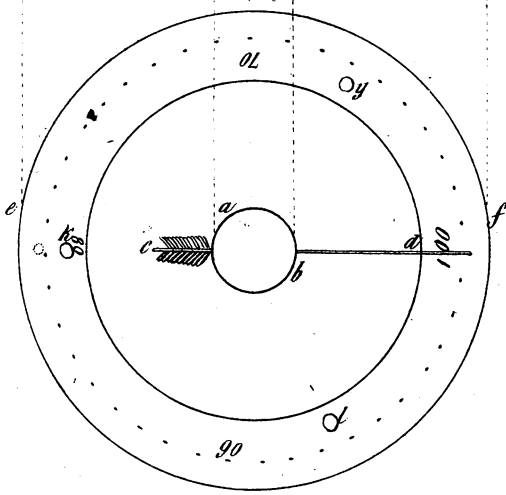
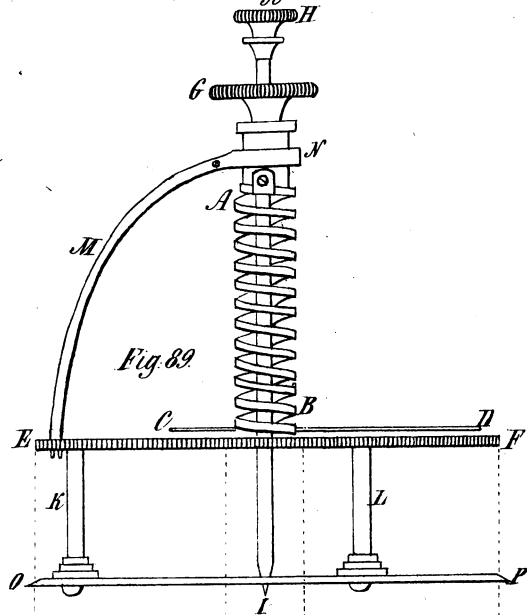
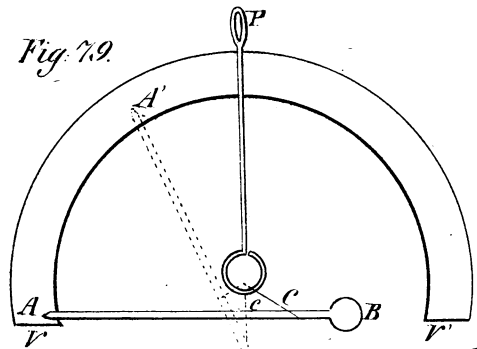


Fig. 79.



Pyrometer

Fig. 82.

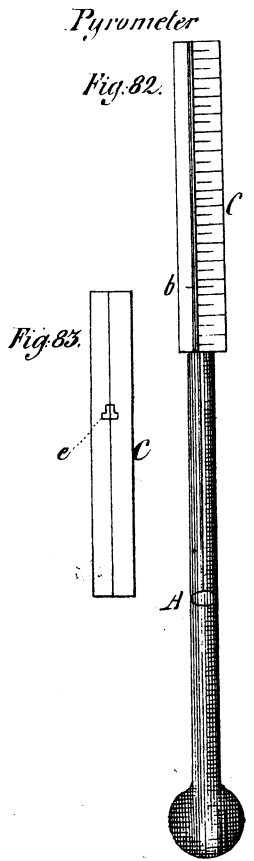


Fig. 83.

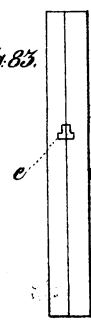
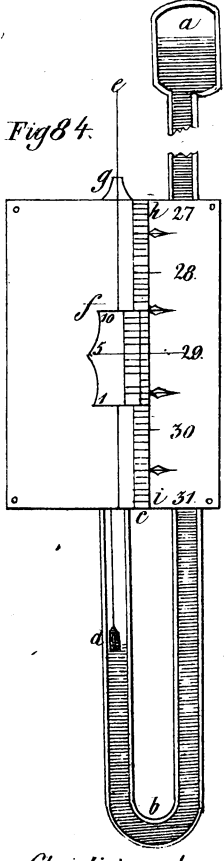


Fig. 84.



Christie's verb. Barometer

Fig. 86.

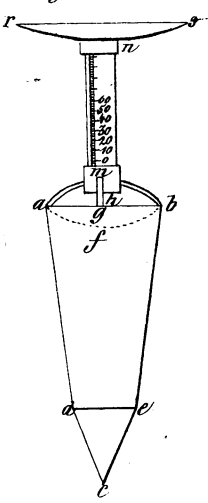


Fig. 87.

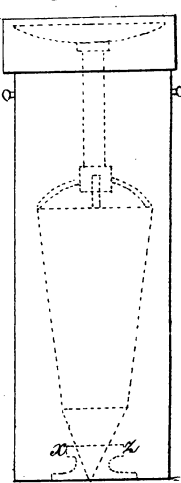
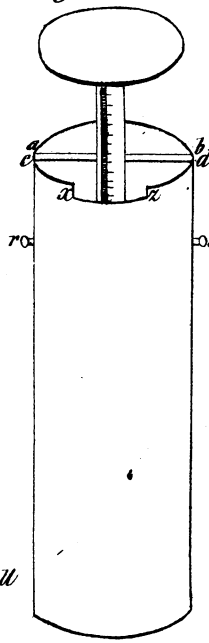


Fig. 88.



In Fig. 86, 87, 88. 1 2 3 4 5 6 7 8 Zoll

Fig. 90.

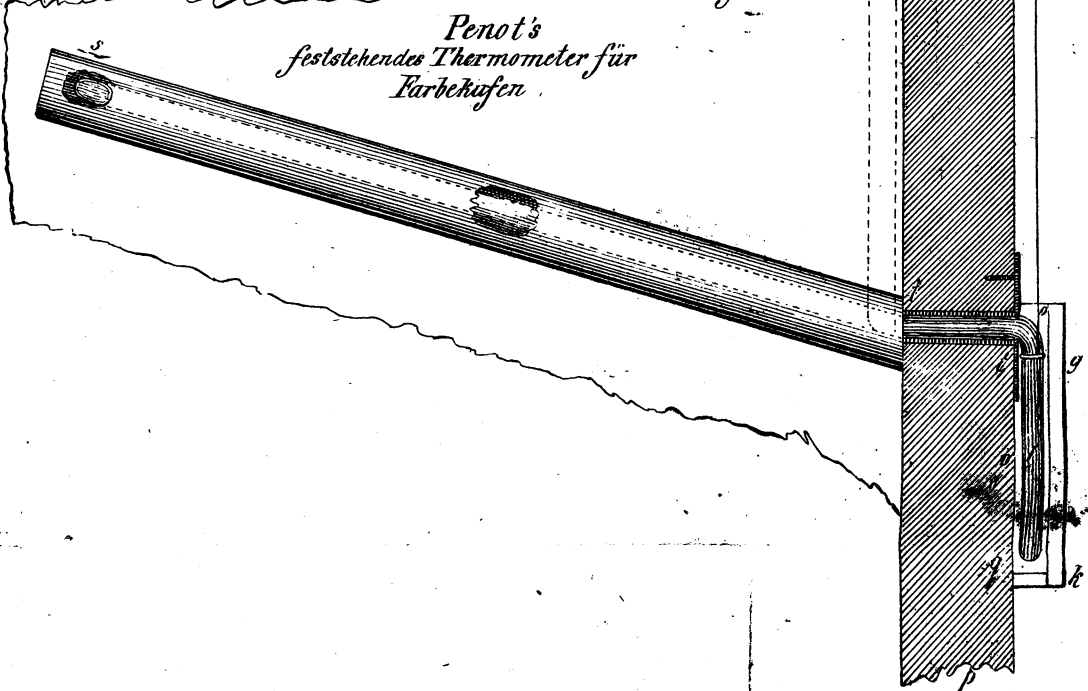
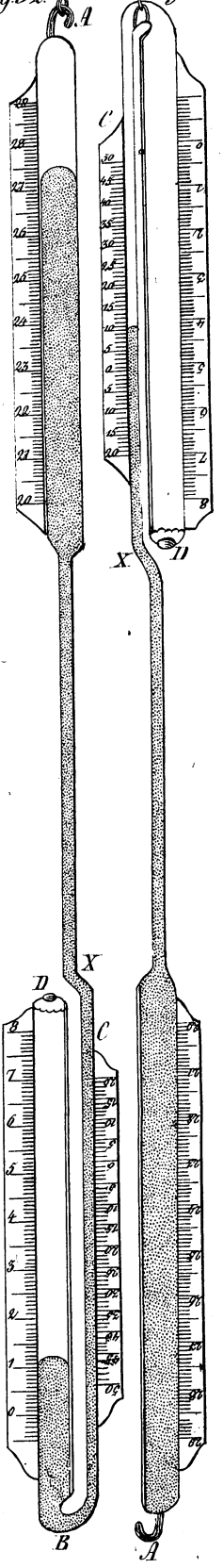


Fig. 92.



B Fig. 93.

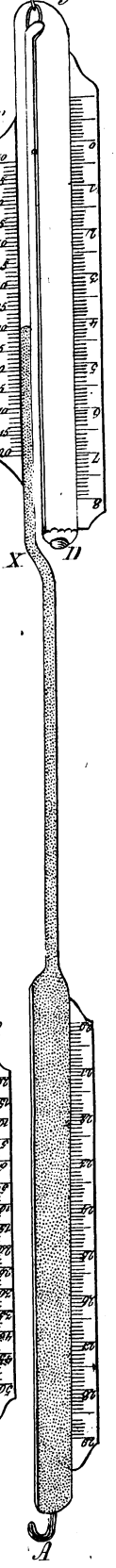


Fig. 91.

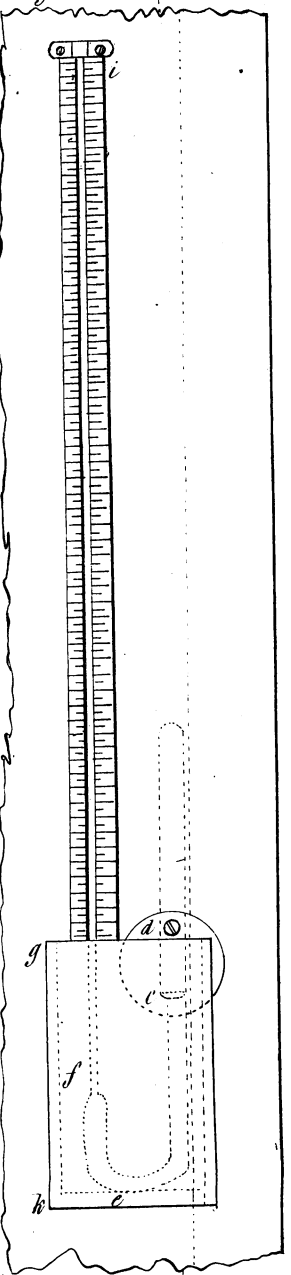
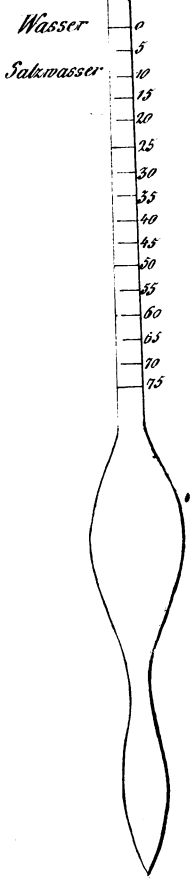


Fig. 102.



Aräometer

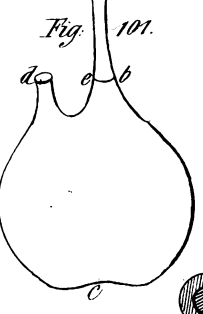


Fig. 106.

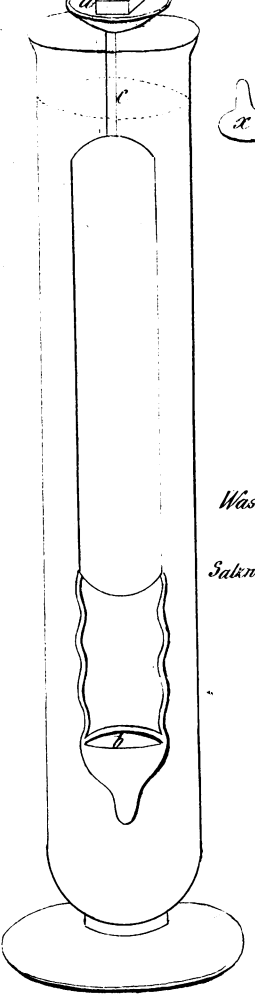


Fig. 105.

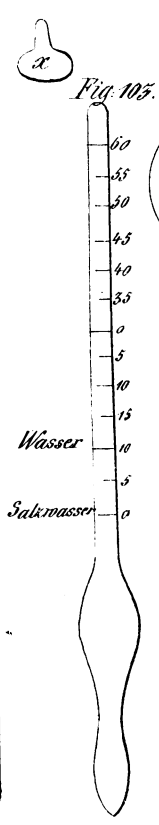


Fig. 104.

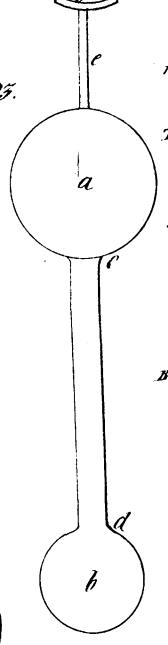
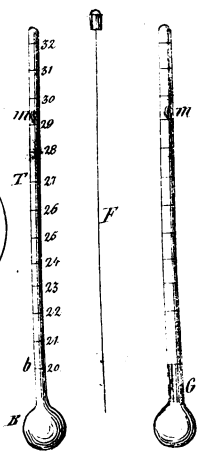
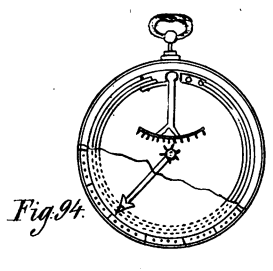
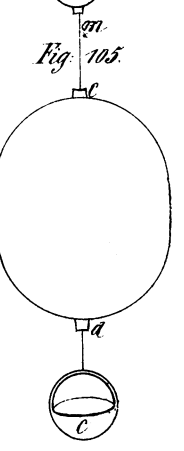


Fig. 99.



Hydrometer



Daniell's Register Pyrometer Fig. 96.

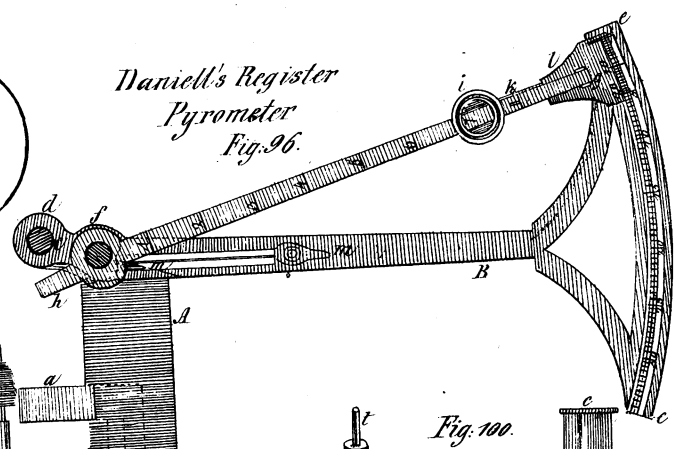


Fig. 97.

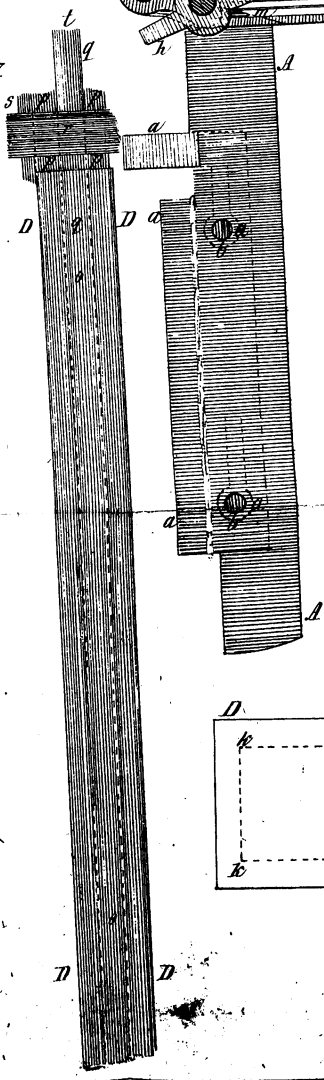


Fig. 100.

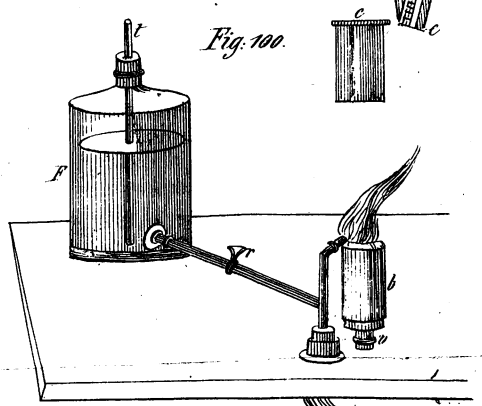


Fig. 95.

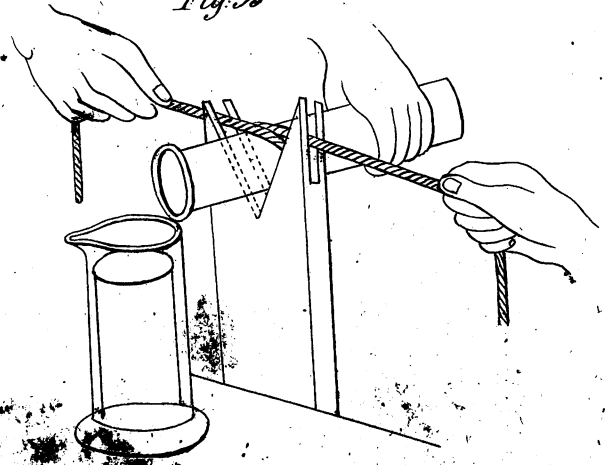
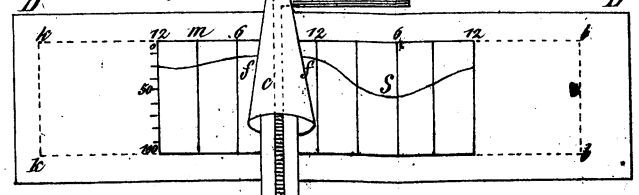


Fig. 98.



Davy's Thermometer.



200
1909

2002

1909

