Jahrbuch

der

Erfindungen

und

Fortschritte auf den Gebieten

der

Physik und Chemie, der Technologie und Mechanik,
der Astronomie und Meteorologie.

Herausgegeben von

Dr. H. Hirzel,
Professor an der Universität

und

H. Gretschel,
Lehrer der Mathematik.

zu Leipzig.

Siebenter Jahrgang.

Mit 46 in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig
Verlag von Quandt & Händel.
1871.

Vorwort.

Der siebente Jahrgang des Jahrbuches der Erfindungen, mit dem wir vor die Leser treten, soll in gleicher Weise wie die vorhergehenden Kunde bringen von den Fortschritten und Entdeckungen, die im verflossenen Jahre auf den Gebieten der Astronomie und Physik, der praktischen Mechanik, der Chemie und ihrer Anwendungen auf die Technik und das Gewerbswesen gemacht worden sind.

Mit freudiger Genugthuung muß es jeden Freund des Fortschrittes erfüllen, zu sehen, wie auch im verflossenen Jahre, während eines großartigen Völkerkampfes, wie die Welt kaum noch einen gesehen hat, die Wissenschaft und ihre Anwendungen für's Leben sich unbekümmert um den Lärm der Waffen weiter entwickelt haben, und dieser Krieg selbst legt eines der sprechendsten Zeugnisse ab von dem gewaltigen Einflusse wissenschaftlichen Arbeitens und Strebens auf praktische Tüchtigkeit. Diese Erkenntniß wird, daran ist nicht zu zweifeln, auch ihrerseits dazu beitragen,

das Bedürfniß wissenschaftlicher Bildung in immer weiteren Kreisen zu verbreiten.

Und so übergeben wir denn auch diesen Jahrgang unseres Werkchens dem Leser mit der Bitte um eine freundliche Aufnahme und nachsichtige Beurtheilung.

Leipzig, Ende October 1871.

Die Verfasser.

Inhaltsübersicht.

Astronomie.

Physik und Meteorologie.

Mechanik und mechanische Technologie.

Chemie und chemische Technologie.

Jahrbuch der Erfindungen.

I.

Astronomie.

Die neu entdeckten Planeten des Jahres 1870.

Im vergangenen Jahre ist die Anzahl der uns bekannten Glieder unseres Planetensystems um drei vermehrt worden; es sind dies die Planetoiden (110), (111) und (112).

Der Planetoid (110), von Delaunay mit dem Namen Lydia belegt, wurde am Abende des 19. April von Borelly auf der Marseiller Sternwarte entdeckt; er erschien als Stern 12. bis 13. Größe.

Die beiden andern Planetoiden hat C. H. F. Peters auf dem Litchfield-Observatorium des Hamilton-Colleges in Clinton, Ver. Staaten, entdeckt, und zwar

den Planetoid (111), dem er des in Europa ausgebrochenen Krieges wegen den Namen Ate beilegte, am 14. August als ein Stern 11. Größe und

den Planetoid (112), Iphigenia genannt, am 19. September; derselbe erschien ungefähr gleich groß wie der vorige.

Die Kometen des Jahres 1870.

Im Jahre 1870 sind vier Kometen gefunden worden, darunter drei neue.

Der Komet I wurde am 21. Mai von A. Winnecke in Carlsruhe entdeckt. Er erschien als ein kleiner runder, leidlich heller und nach der Mitte zu stark verdichteter Nebel von $2^1/_2$ Minuten Durchmesser mit nur geringer Bewegung. Aus den

Beobachtungen vom 30. Mai, 2. und 5. Juni hat der Entdecker folgende Elemente der Bahn abgeleitet:

Perihelzeit	T =	1870 Juli 12,905 Berl. Zeit
Länge des Perihels . .	π =	337° 52′ 37″
" " aufst. Knotens	Ω =	140 3 45
Neigung der Bahn .	i =	59 19 17
Periheldistanz . . .	q =	0,99035

Bewegung rückläufig.

Bemerkenswerth ist die Aehnlichkeit dieser Elemente mit denjenigen des Kometen III vom Jahre 1862, dessen Bahn, wie Schiaparelli vor einigen Jahren bemerkt hat, mit der des Augustmeteoritenschwarmes eine so merkwürdige Uebereinstimmung zeigt (Jahrg. III dieses Jahrb., S. 15).

Julius Schmidt in Athen fand in der Zeit vom 25. Juni bis 9. Juli den wahren Durchmesser der Coma des Kometen durchschnittlich 10½ mal größer als den der Erde.

Zwei französische Beobachter, Wolf und Rayet in Paris, haben Anfang Juni das Licht des Kometen mit dem Spektroskop untersucht. Obgleich derselbe so hell war, daß man ihn in einem Sucher von 6 Centimeter Oeffnung ganz gut sehen konnte, so war doch sein Spektrum auffällig schwach. Uebrigens hatte es im Wesentlichen dieselbe Beschaffenheit, wie bei anderen Kometen: von einem continuirlichen lichten Hintergrunde hoben sich drei helle Linien ab, von denen die mittlere die intensivste war. Die genaue Bestimmung der Position dieser Linien war indessen wegen der Lichtschwäche des ganzen Spektrums nicht möglich.

Der erwähnte continuirliche Hintergrund bildet ein charakteristisches Merkmal der Kometenspektra und unterscheidet sie von denen der Nebelflecken, welche blos einzelne helle Linien zeigen. Das Licht der hellen Linien wird als den Himmelskörpern eigenthümlich betrachtet, während der continuirliche Hintergrund im Kometenspektrum seine Entstehung dem vom Kometen reflectirten Lichte der Sonne verdankt. Die Anwesenheit reflectirter Strahlen im Kometenlichte wird auch durch die Thatsache dargethan, daß letzteres theilweise polarisirt ist in einer durch die Sonne gehenden Ebene. Nach Wolf und Rayet's Angabe kann man sich von der Richtigkeit dieser Thatsache schon mittels eines einfachen doppelt brechenden Prismas überzeugen.

Der Komet II wurde von Coggia in Marseille am 28. August entdeckt. Derselbe erschien als ein ziemliches helles Object von etwa 2 Minuten Durchmesser, fast rund, mit etwas excentrischer Verdichtung. In Athen wurde er bis gegen Ende des Jahres beobachtet; schließlich aber war er so lichtschwach, daß man ihn nur noch schwierig wahrnehmen konnte. Die letzte Beobachtung datirt vom 20. December. Aus den Beobachtungen vom 18. September bis 25. November hat Julius Schmidt einen mittleren Durchmesser gleich 20 Erddurchmessern ermittelt.

T. N. Thiele in Bonn hat aus 24 bis Ende October bekannt gewordenen Beobachtungen die nachstehenden Elemente berechnet:

$$
\begin{aligned}
T &= \text{Sept. } 2{,}18382 \text{ Greenwicher Zeit} \\
\pi &= 7^\circ\ 52'\ 51{,}''0 \\
\Omega &= 12\ \ 56\ \ 20{,}3 \\
i &= 99\ \ 20\ \ 34{,}2 \\
q &= 1{,}81666
\end{aligned}
$$

Bewegung direct.

Der Komet III ist der von D'Arrest (damals in Leipzig, jetzt in Kopenhagen) am 27. Juni 1851 entdeckte teleskopische Komet von beiläufig 6,4 Jahren Umlaufszeit, welcher am 9. Juli 1851 durch sein Perihel ging, bei seiner nächsten Wiederkehr zur Sonnennähe, 28. November 1857, blos auf der südlichen Erdhalbkugel, beim Periheldurchgange 1864 aber seiner geringen Lichtstärke wegen gar nicht beobachtet werden konnte. Für die im verflossenen Jahre erwartete Wiederkehr dieses Kometen hatte Gustave Leveau in Paris im September 1869 eine Ephemeride veröffentlicht, und nachdem Winnecke auf seiner Privatsternwarte bei Carlsruhe im Juli und August vorigen Jahres mehrfach nach demselben gesucht hatte, gelang es ihm, am 31. August nahe an dem Orte, wo der Ephemeride nach der Komet stehen sollte, einen sehr schwachen Nebelfleck zu entdecken, welcher sich in der folgenden Nacht als der erwartete Komet auswies. Trübes Wetter und Mondschein verhinderten später die Beobachtungen und erst am 16. September konnte Winnecke dieselben wieder beginnen. Der Komet erschien jetzt als blasses, sehr verwaschenes Object von 2 bis 3 Minuten Durchmesser mit mehreren leuchtenden Verdichtungscentren. Er scheint unter den bekannten Kometen von kurzer Umlaufzeit der lichtschwächste zu sein. Nach den Angaben, die wir über sein Aussehen in den

Jahren 1851 und 1857 besitzen, ist es nach Winnecke nicht wahrscheinlich, daß er seine Helligkeit merklich geändert hat.

Auch anderwärts ist der D'Arrest'sche Komet beobachtet worden, so in Twickenham bei London auf Bishops Sternwarte von dem Superintendenten des Nautical Almanac J. R. Hind und dessen Assistenten W. Plummer (23. bis 26. September) und von Julius Schmidt in Athen seit dem 10. October und zuletzt am 20. December, wo er eben noch wahrnehmbar war. Aus seinen Beobachtungen vom 13. October bis 20. November hat Schmidt den Durchmesser der Coma des Kometen gleich 11,8 Erddurchmesser abgeleitet, wonach der Komet an Volumen ungefähr dem Planeten Jupiter gleichkommen würde.

Der Komet IV wurde ebenfalls von Winnecke, und zwar am Morgen des 24. Novembers aufgefunden. Er erschien als ein kleiner, runder, nach der Mitte zu stark verdichteter Körper, ohne deutlichen Kern, von $2\frac{1}{2}$ Minuten Durchmesser. Littrow, der denselben am Abende desselben Tages in Wien beobachtete, giebt 3 bis 4 Minuten an. Zwei Tage nach der Entdeckung hat Winnecke folgende Elemente veröffentlicht:

$T = 1870$ Dec. 19,836 Berl. Zeit
$\pi = 9^\circ\ 25',8$
$\Omega = 94\ \ 14,9$
$i = 30\ \ 14,7$
$q = 0,42898$
Bewegung rückläufig.

Die Sonne.

Wir haben zunächst über drei theoretische Arbeiten zu berichten, welche F. Zöllner in den Sitzungen der kgl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften vorgetragen hat. Die erste derselben, vorgetragen am 2. Juni vor. J., handelt

über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne.

Schon im vorigen Jahrgange dieses Jahrb. ist der Zöllner'schen Wahrnehmung gedacht worden, daß die Protuberanzen der Sonne ihrer Form nach sich in zwei charakteristische Gruppen scheiden, nämlich in die dampf- und wolkenförmigen und in die eruptiven Gebilde. Zöllner's Spektroskop mit erweitertem Spalte gestattet diese Erscheinungen zu jeder Zeit

zu beobachten, und es ist daher möglich gewesen, ein reichhaltiges Material von Beobachtungen zu sammeln. Für die vorstehende Untersuchung sind hauptsächlich diejenigen, nicht selten auftretenden Erscheinungen von Bedeutung, deren Anblick jedem unbefangenen Beobachter unmittelbar die Ueberzeugung verschafft, daß wir es hier mit gewaltigen Eruptionen von Wasserstoffmassen zu thun haben. Als Ursache dieses Ausströmens kann man aber nur eine Druckdifferenz des Gases im Innern und an der Oberfläche der Sonne annehmen. Diese Erklärung setzt indessen nothwendig das Vorhandensein einer Trennungsschicht zwischen den innern und äußern Wasserstoffmassen voraus, von denen die letzteren bekanntlich einen wesentlichen Theil der Sonnenatmosphäre bilden. Selbst solchen Beobachtern, welche, wie Respighi, elektrische Kräfte als Ursache der Protuberanzerscheinungen vermuthen, hat sich die Nothwendigkeit einer derartigen Trennungsschicht aufgedrängt.

Indem nun Zöllner die eruptiven Protuberanzgebilde als Phänomene des Ausströmens eines Gases aus einem Raume in einen andern, durch eine Trennungsschicht von jenem geschiedenen betrachtet, wobei er den Druck in beiden Räumen während des Ausströmens als constant und weder eine Mittheilung noch Entziehung von Wärme annimmt, sucht er durch Anwendung der mechanischen Theorie der Wärme zu weiteren Aufschlüssen über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne zu gelangen.

Was zunächst die erwähnte Trennungsschicht betrifft, so erhebt sich die Frage, ob dieselbe zusammenfällt mit der durch unsere Messungen bestimmten Grenze der leuchtenden Sonnenscheibe. Die Untersuchungen von Frankland und Lockyer, Sainte-Claire-Deville und Wüllner haben bewiesen, daß das discontinuirliche Spektrum des Wasserstoffes und anderer Gase durch Steigerung des Druckes in ein hellleuchtendes continuirliches verwandelt werden kann, wobei die hellen Linien des discontinuirlichen Spektrums bei allmählig zunehmendem Drucke sehr charakteristische Veränderungen durchlaufen, die im Wesentlichen in einer Verbreiterung und wechselnden Unbestimmtheit bestehen. Diese Veränderungen gestatten bis zu einem gewissen Grade einen Schluß auf die Größe des Druckes, dem ein

glühendes Gas unterworfen ist, und Frankland und Lockyer sind auf diese Weise zu dem Ergebnisse gelangt, daß an der unteren Fläche der Chromosphäre der Sonne der Druck bedeutend geringer ist, als der Druck der irdischen Atmosphäre. Zöllner glaubt sogar, aus den Wüllner'schen Beobachtungen den Schluß ziehen zu können, daß der Druck an der Basis der Chromosphäre oder am äußersten Rande der leuchtenden Sonnenscheibe zwischen 50 und 500 Millimeter eines Quecksilberbarometers an der Erdoberfläche liegen muß. Hiernach nöthigt die Anwesenheit dunkler Linien im Sonnenspektrum auf continuirlichem Grunde nicht zu der Annahme, daß dieses continuirliche Spektrum durch das Glühen eines festen oder flüssigen Körpers erzeugt werde, sondern man kann dasselbe auch als Ergebniß starker Zusammendrückung eines Gases betrachten. In der That hat Wüllner hierfür einen experimentellen Beweis gegeben. „Bei 1200 Millim. Druck tritt das Maximum bei der (an der Stelle der Fraunhofer'schen Linie C stehenden) Wasserstofflinie H_α noch weiter zurück, das ganze Spektrum ist wahrhaft blendend, es zeigt die Natriumlinien als schöne dunkle Linien, so daß also auch das Licht des Wasserstoffgases intensiv genug ist, um in einer Atmosphäre von Natriumdampf eine Fraunhofer'sche Linie zu erzeugen, ein Beweis, daß dazu nicht das Licht eines glühenden festen Körpers erforderlich ist." Hieraus folgert nun Zöllner weiter, daß die erwähnte Trennungsschicht unterhalb der Oberfläche der sichtbaren Sonnenscheibe und wahrscheinlich noch unterhalb derjenigen Schicht liegt, wo durch gesteigerten Druck das Wasserstoffspektrum continuirlich wird. Diese Betrachtungen finden eine weitere Stütze durch die Wahrnehmungen, die man an den Sonnenflecken gemacht hat.

Unbeschadet der Verschiedenheit der theoretischen Ansichten über die Natur dieser Gebilde, stimmen fast alle Beobachter darin überein, daß die Sonnenflecken tiefer liegen müssen als ihre Umgebung. Directe Beobachtungen von Warren de la Rue, Steward, Loewy und indirecte von Faye ergeben für diese Tiefe ungefähr 8 Sekunden. Wenn man nun mit Zöllner die Kerne der Sonnenflecken als schlackenartige, lokale Abkühlungsprodukte auf einer glühend-flüssigen Oberfläche und

die Penumbren als Condensationswolken betrachtet, die in gewisser Höhe die Küsten jener Schlackeninseln umgrenzen, so ist wohl die einfachste Annahme die, daß jene von dieser Theorie nothwendig geforderte flüssige Oberfläche identisch sei mit der Oberfläche der in Rede stehenden Trennungsschicht, aus welcher die Protuberanzen hervorbrechen.

Geht man von dieser Annahme aus, so ergiebt sich unter Zugrundelegung des Hansen'schen Werthes der Sonnenparallaxe = 8,915 Sek. und des scheinbaren Sonnenhalbmessers = 16 Min. als Werth für den Halbmesser der von jener Trennungsschicht begrenzten Kugel r = 680,930,000 Meter und die 8 Sek. hohe Schicht hat in Wirklichkeit 5,722,500 Meter Höhe.

Die Atmosphäre, welche die Sonne umhüllt und von Außen auf die Trennungsschicht einen Druck ausübt, betrachtet Zöllner als in ihrem wesentlichsten Bestandtheile aus demselben Gase — Wasserstoff — bestehend, welches bei den eruptiven Protuberanzgebilden dem Innern der Sonne entströmt. In der That ist ja auch durch die Entdeckung der sogenannten Chromosphäre der Beweis geliefert, daß die ganze Oberfläche der Sonne von einer sehr beträchtlichen Wasserstoffatmosphäre eingehüllt ist.

Da im Allgemeinen die Helligkeit der Chromosphäre nicht wesentlich verschieden ist von derjenigen der Basis der eruptiven Protuberanzgebilde, so darf man annehmen, daß die Temperatur der Sonnenatmosphäre im Ganzen übereinstimmt mit der Temperatur im Niveau der Oeffnung bei der Ausströmung.

Von den hier auseinandergesetzten Annahmen ausgehend und unter der Voraussetzung, daß das Aufsteigen der Protuberanzen nur eine Folge der Druckverschiedenheit auf beiden Seiten der Trennungsschicht sei, berechnet nun Zöllner mittels der Formeln der mechanischen Theorie der Wärme den Unterschied der Temperaturen auf beiden Seiten dieser Trennungsschicht. Wenn man die scheinbare Höhe einer Protuberanz zu 1,5 Minuten gleich 64,370,000 Meter annimmt, so ergiebt sich diese Differenz gleich

40,609 Grad Cels.,

nimmt man aber die nicht selten beobachtete Eruptionshöhe von 3 Min. an, so erhält man

74,910 Grad Cels.

Man könnte noch die Frage aufwerfen, ob es wohl statthaft sei, das Aufsteigen der Protuberanzen bis zu der beobachteten Höhe auf Rechnung der Druckdifferenz zu setzen, ob wir es nicht vielmehr mit einer nach dem Archimedischen Principe vor sich gehenden Erscheinung, ähnlich dem Aufsteigen erhitzter und dadurch specifisch leichter gemachter Gasmassen aus einer Esse zu thun haben. Es ist indessen bald ersichtlich, daß die Zeit, welche eine Protuberanz zum Aufsteigen nach dem Archimedischen Princip braucht, unter allen Umständen größer sein muß, als die unter der oben gemachten Annahme nöthige. Es wird demnach eine möglichst genaue Beobachtung der Zeit, welche eine emporsteigende Protuberanz gebraucht, um eine gewisse Höhe zu erreichen, ein Kiterium dafür bilden, ob wir diese Höhe als Wirkung des Druckes, unter welchem die Gasmassen, welche die Protuberanz bilden, ausströmen, betrachten dürfen oder nicht.

Geht man nun von der Annahme aus, daß nur durch den Druck an der Ausströmungsöffnung das Aufsteigen der Gasmassen bewirkt werde, und vernachlässigt man sowohl den Widerstand, den die Atmosphäre den aufsteigenden Massen bietet, als auch die Abnahme der Schwere in der Höhe, so findet man für eine Protuberanzhöhe von 1,5 Minuten die Geschwindigkeit an der Ausströmungsöffnung = 187,900 Meter oder 25,32 geogr. Meilen, die Geschwindigkeit an der Grenze der sichtbaren Sonnenscheibe aber = 179,400 Meter = 24,17 Meilen; die Zeit des Aufsteigens von der Trennungsschicht bis zur Sonnenfläche ergiebt sich = 11 Min. 25 Sek., die Zeit des Aufsteigens von der letztern bis zur äußersten Höhe von 1,5 Min. = 10 Min. 54 Sek.

Nun hat Zöllner in der That wiederholt eine solche Schnelligkeit der Entwickelung der Protuberanzen, wie den vorstehenden Zahlen entspricht, beobachtet, und insbesondere erwähnt er, daß bei der in Fig. 1 für zwei verschiedene Zeitpunkte dargestellten Protuberanz die Geschwindigkeit des Aufsteigens sehr gut mit obiger Rechnung übereinstimmt.

Auch Lockyer ist durch seine schönen Beobachtungen der Aenderung der Brechbarkeit des Lichtes auf ganz directem Wege zu Werthen für die Anfangsgeschwindigkeit des Aufsteigens der Protuberanzen gelangt, die genau von derselben Ordnung sind. Er hat nämlich als Maximalwerth für die Geschwindigkeiten

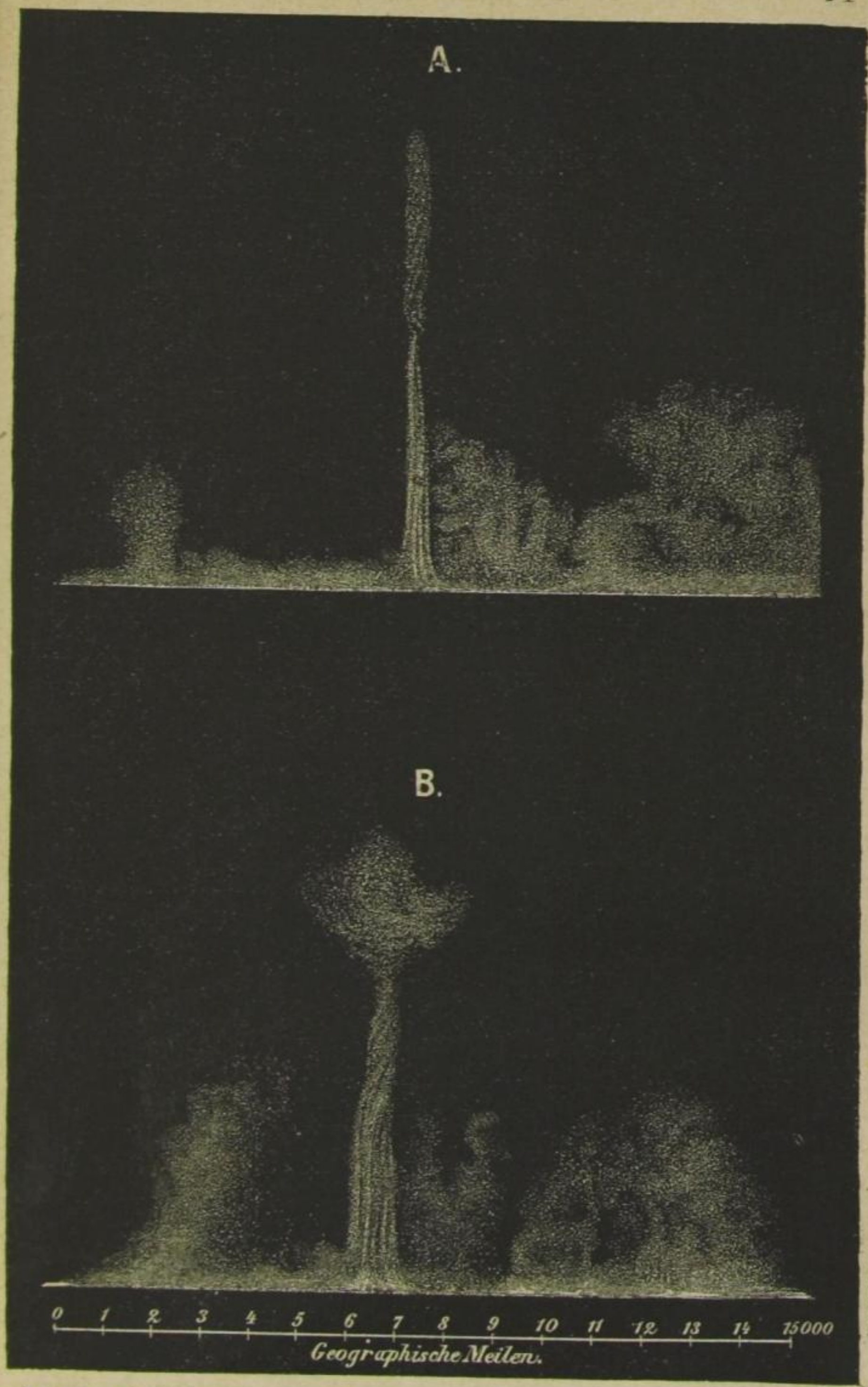


Fig. 1. Protuberanz von F. Zöllner beobachtet am 29. Aug. 1869.
A. 10 Uhr 22 M., B. 11 Uhr 20 M.

vertikal oder horizontal bewegter Gasströme in der Chromosphäre 40 bis 120 englische Meilen in der Sekunde gefunden; obige Zahlen aber sind = 123,1 und 117,7 engl. Meilen.

Man kann sonach mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Druckdifferenz auf beiden Seiten der Trennungsschicht die hauptsächlichste Ursache des Aufsteigens der Protuberanzen ist.

Was nun die Beschaffenheit dieser Trennungsschicht anbelangt, so ist man zu der Annahme genöthigt, daß dieselbe aus einer glühenden Flüssigkeit besteht.

Rücksichtlich der innerhalb dieser Schicht liegenden Wasserstoffmassen scheinen dann zwei Annahmen möglich, nämlich

entweder das ganze Innere der Sonne ist von glühendem Wasserstoffgase erfüllt, dieselbe ist also gewissermaßen eine große Wasserstoffblase, begrenzt von einer glühend-flüssigen Hülle,

oder die bei Eruptionen hervorbrechenden Wasserstoffmassen entstammen localen Ansammlungen in blasenförmigen Hohlräumen, welche sich in den an der Oberfläche gelegenen Schichten einer glühend-flüssigen Masse bilden, und ihre äußere Begrenzung in Folge wechselnder Spannung des eingeschlossenen Gases durchbrechen.

Bei der ersten Annahme darf man natürlich nicht von der Theorie der Blasenbildung ausgehen; denn bei Nebelbläschen und dergl. hält die begrenzende Haut durch Molekularkräfte der Spannung der eingeschlossenen Luftmassen das Gleichgewicht, und die gravitirende Wirkung der einzelnen Theilchen ist dem gegenüber verschwindend klein. Bei einem gasförmigen Sonnenkörper, der mit einer flüssigen Hülle umgeben ist, müßte aber gerade umgekehrt die gravitirende Wirkung der Masse vorwiegen und die Molekularwirkung der Hülle dagegen verschwinden.

Nun könnte bei dieser ersten Annahme nur dann ein stabiles Gleichgewicht stattfinden, wenn das specifische Gewicht der flüssigen Grenzschicht geringer wäre, als dasjenige der unmittelbar unter ihr liegenden Gasschicht. Da aber die Dichtigkeit einer Gaskugel, deren Theilchen dem Newton'schen Gravitations- und dem Mariotte'schen Gesetze unterworfen sind, von Außen nach Innen wächst, so muß das specifische Gewicht der Grenzschicht nothwendig kleiner als das mittlere specifische

Gewicht der Sonne sein. Setzt man aber für das specifische Gewicht der flüssigen Grenzschicht als oberste Grenze das mittlere specifische Gewicht der Sonne, so würde dieser Werth gleichzeitig die Annahme involviren, daß alle tiefern Schichten dasselbe specifische Gewicht besitzen, daß also das Innere der Sonne nicht aus einem Gase, sondern aus einer incompressibeln Flüssigkeit bestünde. Unter dieser Annahme, also wenn man sich denkt, daß das specifische Gewicht der aus der Grenzschicht hervorbrechenden Gasmassen seinen Maximalwerth, nämlich das mittlere specifische Gewicht der Sonne, erreicht, verwandelt sich demnach die erste der oben angeführten zwei Voraussetzungen über die Beschaffenheit des Sonneninnern in die zweite, daß nämlich die Sonne aus einer incompressibeln Flüssigkeit besteht, in welcher in der Nähe der Oberfläche locale Ansammlungen von glühenden Wasserstoffmassen stattfinden, die aus blasenartigen Hohlräumen bei entsprechenden Druckdifferenzen als Eruptionsprotuberanzen hervorbrechen.

Das specifische Gewicht der eingeschlossenen Gasmassen kann nun keinenfalls größer sein, als das mittlere specifische Gewicht der Sonne, welches nach den neueren Bestimmungen 1,46 ist (das des Wassers als Einheit genommen).

Nimmt man diesen Werth für die Dichtigkeit des Gases im Innern an, so ist es mit Zuhilfenahme der schon oben ermittelten Temperaturdifferenz von 40,690 Grad Cels. möglich, die kleinstmögliche absolute Temperatur an der Grenze der sichtbaren Sonnenscheibe zu berechnen. Schon oben wurde erwähnt, daß Zöllner aus den Wüllner'schen Spektraluntersuchungen den Schluß zieht, daß der Druck am äußersten Rande der leuchtenden Sonnenscheibe zwischen 50 und 500 Millimeter liegt. Je nachdem nun der erste oder der zweite Werth bei der Rechnung benutzt wird, ergiebt sich die absolute Temperatur an derselben Stelle gleich 26,000 oder gleich 29,500, also im Mittel zu 27700 Grad Cels.

Diesem Mittelwerthe der Temperatur entspricht ein Druck von 180 Millim. Quecksilbersäule (an der Erdoberfläche).

Es ist zu beachten, daß die berechnete Temperatur etwa 8 mal größer ist als die von Bunsen bei der Verbrennung eines Knallgasgemenges gefundene und daß Eisen in der

Sonnenatmosphäre dauernd in gasförmigem Zustande existiren muß.

Einer äußeren Temperatur von 27,700 Grad entspricht eine solche im Innern des Sonnenkörpers von 68,400 Grad.

Hieraus folgt weiter, daß der Druck im Innern der Sonne 22,1 mal so groß ist, als an der Oberfläche der flüssigen Trennungsschicht, und der letztere wiederum ergiebt sich 766,000mal so groß als der Druck in der Höhe von 8 Sek. = 5,722,500 Metern, wo das Wasserstoffspektrum in Folge des Druckes continuirlich zu werden beginnt.

Den absoluten Betrag des Druckes an der Oberfläche der flüssigen Trennungsschicht bestimmt Zöllner zu 184,000 Atmosphären,

den Druck im Innern der Sonne zu 4,070,000 Atmosphären.

Berechnet man die Tiefe, in welcher im Innern der flüssigen Sonnenmasse vom specif. Gew. 1,45 nur in Folge des hydrostatischen Druckes der Druck von 4,070,000 Atmosphären stattfinden würde, so findet man 139 geogr. Meilen oder ungefähr den 658sten Theil des Sonnenhalbmessers. Selbst wenn man von dem tropfbar-flüssigen Zustande ganz absieht und unter Voraussetzung einer viel größeren atmosphärischen Hülle von Wasserstoff diejenige Tiefe berechnet, in welcher bei einer Temperatur von 68,400 Grad der erwähnte Druck von 4,070,000 Atmosphären stattfindet, so ergiebt sich nur ungefähr der 36 ste Theil des Sonnenhalbmessers.

Durch dieses rasche Wachsthum des Druckes nach dem Innern des Sonnenkörpers ist die Annahme gerechtfertigt, daß im Innern der Sonne selbst bei so hohen Temperaturen die permanenten Gase nur im glühend-flüssigen Zustande bestehen können.

Schließlich hat Zöllner auch noch unter Voraussetzung einer Stickstoff- oder Sauerstoff-Atmosphäre von gleichem Gewicht oder gleicher Temperatur wie die vorher betrachtete Wasserstoff-Atmosphäre den Druck berechnet, welcher bei diesen Atmosphären an der Oberfläche der sichtbaren Sonnenscheibe stattfindet. Unter der Annahme, daß an der Trennungsschicht die Temperatur = 27,700 Grad und der Druck = 184,000 Atmo-

sphären ist, ergiebt sich der Druck an der Oberfläche der sichtbaren Sonnenscheibe.

in der Wasserstoff-Atmosphäre = 180 Millimeter,
" " Stickstoff- " $= \frac{323}{10^{78}}$ "
" " Sauerstoff- " $= \frac{124}{10^{88}}$ "

Es folgt hieraus, daß unter den gemachten Annahmen die Quantitäten der letzten beiden Gase in der Schicht, wo das Wasserstoffspektrum continuirlich wird, völlig verschwindend sind gegen die Quantität des Wasserstoffgases. Dies würde selbst dann der Fall sein, wenn man die Gewichte beider Atmosphären viele Millionen Male größer annähme, obwohl beim Stickstoff schon eine 14 mal, beim Sauerstoff eine 16 mal kleinere Gewichtsmenge genügen würde, um die Dichtigkeit dieser beiden Gase an der Basis mit der des Wasserstoffes übereinstimmend zu machen.

Wenn daher auch gleichzeitig alle drei Gase auf der Sonnenoberfläche vorhanden sind, so werden doch die von den mit continuirlichem Spektrum leuchtenden Wasserstoffschichten ausgesandten Strahlen auf ihrem Wege zu unserem Auge nur eine so geringe Menge von Stickstoff- und Sauerstofftheilchen durchsetzen, daß die hierdurch erzeugte Absorption eine verschwindende ist. Es wird daher auch die Anwesenheit dieser beiden Gase auf der Sonne nicht durch dunkle Linien im Sonnenspektrum nachweisbar sein, wie dies auch in der That nicht der Fall ist.

Allerdings hat die Bewegung der Gase die Tendenz, die besprochenen Verschiedenheiten zu vermindern, aber die Existenz der Chromosphäre beweist die Geringfügigkeit dieses Einflusses in Folge der großen Intensität der Schwere und der bedeutenden Höhe der betrachteten Schicht.

Zur Erklärung der Abwesenheit von Linien zweier auf der Erde so allgemein verbreiteter Elemente, wie Stickstoff und Sauerstoff, im Sonnenspektrum, muß man auch noch das sehr geringe Emissionsvermögen der permanenten Gase im Vergleich zu dem der verflüchtigten festen Körper in Betracht ziehen. Bezieht man das Emissionsvermögen verschiedener Gase bei gleicher Temperatur für Strahlen derselben Brechbarkeit auf gleiche, sehr kleine Gewichtsmengen dieser Gase, so giebt ein

Versuch Wüllner's, bei welchem ganz geringe Mengen des in einer Geißler'schen Röhre verdampften Natriums noch mehr Licht ausstrahlten, als das bis auf 1000 Millimeter Druck comprimirte Wasserstoffgas, einen schönen Beweis für die außerordentliche Verschiedenheit des Emissions- und demgemäß (nach dem Kirchhoff'chen Satze von der Proportionalität des Emissions- und Absorptionsvermögens) auch des Absorptionsvermögens verschiedener Gase bei derselben Temperatur.

Aus solchen Betrachtungen ergeben sich folgende Sätze:

Aus dem Mangel von Linien in dem Spektrum eines selbstleuchtenden Gestirnes darf nicht auf Abwesenheit des entsprechenden Stoffes geschlossen werden.

Die Schicht, in welchem die Umkehrung des Spektrums stattfindet, ist für jeden Stoff eine andere; sie liegt dem Mittelpunkte des Gestirnes um so näher, je größer die Dampfdichte und je kleiner das Emissionsvermögen des betreffenden Stoffes ist.

Bei verschiedenen Gestirnen liegt, unter übrigens gleichen Umständen, diese Schicht dem Mittelpunkte um so näher, je größer die Intensität der Schwere ist.

Die Abstände der Umkehrungsschichten der einzelnen Stoffe, sowohl vom Mittelpunkte des Gestirnes, als auch untereinander, wachsen mit steigender Temperatur.

Die Spektra verschiedener Sterne sind, unter übrigens gleichen Umständen, um so linienreicher, je niedriger ihre Temperatur und je größer ihre Masse ist.

Die große Intensitätsverschiedenheit der dunkeln Linien im Spektrum der Sonne und anderer Fixsterne hängt nicht nur von den Unterschieden des Absorptionsvermögens, sondern auch von den verschiedenen Tiefen ab, in denen die Umkehrung der betreffenden Spektra stattfindet.

In seiner zweiten Arbeit (12. Dec. 1870) verbreitet sich Zöllner

über die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken.

Mehrfach hat man versucht, die Periodicität in der Häufigkeit und Entwickelung der Sonnenflecken durch Einflüsse, deren Ursprung außerhalb der Sonne liegt, zu erklären; die Einwirkung gewisser Planeten-Constellationen ist in dieser

Hinsicht die bekannteste Hypothese. Indessen scheinen unsere jetzigen Kenntnisse von der physischen Beschaffenheit der Sonne wohl den Versuch zu rechtfertigen, diese Periodicität aus der Natur der Sonnenoberfläche selbst auf Grund bekannter physikalischer Gesetze zu erklären.

Geht man von der Ansicht aus, daß die Oberfläche des Sonnenkörpers tropfbarflüssig ist, daß in ihr schlackenartige Producte localer Abkühlungen schwimmen, die uns als Kerne von Sonnenflecken erscheinen, während über ihr eine glühende Atmosphäre lagert, welche im gas- oder dampfförmigen Zustande einen Theil der die Flüssigkeit constituirenden Stoffe enthält, so ist leicht einzusehen, daß die Beschaffenheit dieser Atmosphäre in ähnlicher Weise einen Einfluß auf die Wärmestrahlung der Sonnenoberfläche üben wird, wie dies unsere irdische Atmosphäre rücksichtlich der Erdoberfläche thut. Es wird daher die durch Wärmeausstrahlung hervorgerufene Temperaturerniedrigung der glühendflüssigen Sonnenoberfläche da am bedeutendsten sein, wo die darüber stehende Atmosphäre möglichst ruhig und klar ist. An solchen Stellen wird auch in Folge der Temperaturerniedrigung eine Schwächung der Leuchtkraft eintreten und einem entfernten Beobachter wird sich die Erscheinung eines Sonnenfleckens darbieten müssen.

Sind aber durch diesen, gleichzeitig auf verschiedenen Punkten der Sonnenoberfläche sich wiederholenden Vorgang Temperaturverschiedenheiten auf der flüssigen Sonnenoberfläche entstanden, so müssen sich dieselben auch der Atmosphäre mittheilen und in derselben Gleichgewichtsstörungen hervorrufen. An den Grenzen der Sonnenflecken insbesondere nehmen diese Störungen die Form von Wirbelwinden an — nach Analogie unserer Land- und Seewinde — und geben hierdurch Anlaß zur Bildung wolkenartiger Condensationserscheinungen, welche in einer gewissen Höhe die Küsten der Schlackeninseln umkränzen und uns als Penumbren erscheinen. Durch diese Störungen im Gleichgewichtszustande der Sonnenatmosphäre werden aber gerade die Bedingungen der starken Ausstrahlung, nämlich Ruhe und Klarheit der Atmosphäre, wieder aufgehoben. Die Ausstrahlung und damit auch die Temperaturerniedrigung wird durch die in der Atmosphäre entstehenden Trübungen gehemmt, und die abgekühlten Stellen können sich wieder erwärmen, theils durch

Berührung mit den darunter befindlichen heißeren Theilen der glühenden Flüssigkeit, theils von oben durch Berührung mit den von heißeren Stellen herbeiströmenden Gasmassen. Haben sich durch diesen Prozeß die Temperaturdifferenzen wieder ausgeglichen, so sind auch die Sonnenflecken aufgelöst worden und es tritt in der Atmosphäre allmälig wieder der zur Wiederholung der besprochenen Erscheinungen erforderliche Zustand der Ruhe und Klarheit ein.

Jeder einzelne Sonnenfleck trägt daher den Bedingungen seiner Bildung und Auflösung gemäß den Charakter eines Intermittenzphänomens; doch erscheinen Eintritt sowie Dauer desselben wegen der Mannigfaltigkeit der zu Grunde liegenden Ursachen als zufällig. Auf je weiteren Strecken aber Ruhe und Klarheit in der Atmosphäre herrschen, desto größer werden auch im Allgemeinen die Sonnenflecken sein.

Da die Auflösung der Flecken wesentlich durch eine Ausgleichung der vorhandenen Temperaturdifferenzen bedingt ist, die sich um so rascher vollzieht, je kleiner der Fleck ist, so muß auch die Dauer eines Fleckes auf's Engste mit seiner Größe zusammenhängen. Je größer ein Fleck ist, auf desto entlegenere Gegenden werden sich aber auch die Störungen verbreiten, die seine Auflösung hervorrufen, und nicht nur in der Nähe eines völlig entwickelten großen Fleckes werden in Folge der atmosphärischen Gleichgewichtsstörungen, welche die Wärmeausstrahlung der flüssigen Sonnenoberfläche hemmen, die Bedingungen zur Bildung anderer Flecke ungünstig sein, sondern wegen der Größe dieser Störungen wird auch auf weitere Strecken die Durchstrahlbarkeit der Atmosphäre vermindert und damit die Möglichkeit der Bildung neuer Flecken geschwächt. Zöllner spricht daher auf Grund solcher Betrachtungen den Satz aus: „Ein Sonnenfleck übt innerhalb einer gewissen, von seiner Größe abhängigen Entfernung eine derartige Wirkung auf seine Umgebung aus, daß innerhalb dieses Bezirkes die fernere Bildung von Flecken verhindert oder erschwert wird."

Sollen umgekehrt an einer bestimmten Stelle diejenigen Zustände der Atmosphäre, welche nach der vorgetragenen Theorie die Fleckenbildnng bedingen — nämlich Ruhe und Klarheit —

längere Zeit hindurch wirksam sein, so müssen dieselben, wie leicht einzusehen, auch nothwendig eine allgemeinere Verbreitung haben. Auch in unserer irdischen Atmosphäre sind meteorologische Zustände von längerer Dauer an einem bestimmten Orte nur bei einer Verbreitung der bedingenden Ursachen über ein weiteres Gebiet möglich. Innerhalb eines solchen größeren Bezirkes auf der Sonne werden nun die Bedingungen zur gleichzeitigen Entstehung anderer Flecken günstiger sein, als anderwärts. Man kommt daher zu dem zweiten Satze: „Diejenigen Zustände der Sonnenatmosphäre, welche an einer bestimmten Stelle die Bildung eines Fleckes bedingen, besitzen im Allgemeinen eine größere Ausdehnung als der sich entwickelnde Fleck, so daß innerhalb des Verbreitungsbezirkes dieser günstigen Bedingungen die gleichzeitige Entstehung noch anderer Flecke wahrscheinlicher als an anderen Stellen ist."

So erklärt sich vielleicht ganz ungezwungen das gruppenweise Auftreten der Sonnenflecken; „denn die Größe der einzelnen Flecke hängt offenbar nicht nur von der Größe der die Ausstrahlung vermittelnden klaren Stellen der Atmosphäre ab, sondern, ähnlich wie die Größe unserer Eisschollen, auch von den Cohäsionsverhältnissen der Abkühlungsproducte und der Ruhe der Flüssigkeit, auf welcher dieselben schwimmen."

Man kann die beiden obigen Sätze auch kurz dahin zusammenfassen, daß in der Sonnenatmosphäre innerhalb einer gewissen Ausdehnung gleichartige Zustände sich begünstigen, ungleichartige sich hemmen oder ausschließen. Es entsteht also innerhalb des betreffenden Gebietes eine Tendenz zur Coëxistenz gleichartiger Zustände.

Wenn die durchschnittliche Zahl und Größe der Sonnenflecken sich mit der Zeit verändert, so kann man, abgesehen von extrasolaren Einflüssen, zwei Ursachen dafür vermuthen, welche getrennt oder auch gemeinsam wirken können; nämlich

eine Aenderung der mittleren Temperatur der Sonne,

und

eine gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Flecken bezüglich ihrer Entstehung, Dauer und Größe.

Was die erste Ursache, für sich allein, betrifft, so muß die durchschnittliche Anzahl und Größe der Sonnenflecken als ein bestimmter Ausdruck für das Abkühlungsstadium der Sonne erscheinen, und mit abnehmender Temperatur der letzteren müßte die durchschnittliche Zahl und Größe der Sonnenflecken continuirlich bis zur völligen Verdunkelung der ganzen Sonnenfläche zunehmen, bei steigender Temperatur dagegen bis zum völligen Verschwinden der Flecken abnehmen.

In dem einen, wie in dem anderen der zuletzt betrachteten Fälle würde sich also die durchschnittliche Erscheinung der Sonnenflecke immer in demselben Sinne ändern. Dagegen gestattet die zweite der oben angeführten Ursachen eine zwischen Maximis und Minimis schwankende Veränderlichkeit. So lange aber die zu Grunde liegenden Umstände längere Zeit hindurch constant bleiben, wird auch die Dauer der Perioden von einem Maximum bis zum nächsten constant bleiben.

Zur Erklärung der Periodicität in der Häufigkeit und Größe der Sonnenflecken bedarf es sonach nur einer räumlich hinreichend großen Ausdehnung der vorher für einzelne Bezirke der Sonnenatmosphäre abgeleiteten Tendenz zur Coëxistenz gleichartiger Zustände. Die Beobachtungen zeigen uns nun in der That eine solche allgemeinere Ausdehnung der Gleichgewichtsstörungen in der Sonnenatmosphäre, denn um die Zeit der Maxima der Flecken sieht man auf der ganzen Oberfläche der Sonne große Umwälzungen sich vollziehen, die sich unter Anderem auch in der Bildung und Beweglichkeit der sogenannten Fackeln manifestiren. Hiernach scheint der Uebergang von einem Maximum der Sonnenflecken zu einem Minimum nur ein großer, in der ganzen Sonnenatmosphäre gleichzeitig stattfindender Ausgleichungsprozeß von Druck- und Temperaturdifferenzen zu sein, die sich nach eingetretener Ruhe und Klarheit der Atmosphäre in Folge der hierdurch begünstigten Ausstrahlung von neuem erzeugen und so eine Wiederholung des ganzen Processes veranlassen.

Die Dauer eines solchen Ausgleichungsprocesses wird in der Hauptsache von drei Umständen: von der Leitungsfähigkeit, Beweglichkeit und Masse der Sonnenatmosphäre, abhängen, und so lange diese unverändert bleiben, wird auch die Periode, innerhalb deren sich dieser Proceß vollzieht, constant sein.

Die Beobachtungen haben indessen gezeigt, daß die Größe und Häufigkeit der Sonnenflecken nicht nur mit der Zeit sich ändert, sondern daß sie auch vom Orte abhängt, indem sowohl in einer schmalen Aequatorialzone, als auch in höheren Breiten die Größe und Anzahl der Flecken geringer ist, als anderwärts. Den Grund für diese räumliche Vertheilung der Flecken sucht Zöllner in der Rotation der Sonne, welche bewirkt, daß die Schwerkraft von den Polen aus nach dem Aequator zu abnimmt und hier ihren Minimalwerth erreicht. Die Verschiedenheit der Schwerkraft ist aber von wesentlichem Einflusse auf die allgemeinen Bewegungen und Strömungen in der Sonnenatmosphäre. Denkt man sich nämlich eine ruhende, von einer Atmosphäre umhüllte Kugel, deren Oberfläche von einer überall gleichen, und zwar so hohen Temperatur ist, daß fortdauernd eine constante Wärmeausstrahlung stattfindet, so wird sich in der Atmosphäre mit der Zeit ein bestimmter Gleichgewichtszustand herstellen, die Temperatur wird theils durch Leitung, theils durch Strahlung von der Oberfläche her in jeder concentrischen Schicht constant erhalten. Dabei ist zu bemerken, daß in der Sonnenatmosphäre der Einfluß der Wärmeleitung ein verhältnißmäßig bedeutender sein muß im Vergleich zur Wärmestrahlung, weil die bei hohen Temperaturen ausgesandten leuchtenden Wärmestrahlen viel sparsamer von diathermanen Körpern absorbirt werden, als die bei niederen Temperaturen ausgesandten, sogenannten dunkeln Wärmestrahlen. Die durch Leitung von der Oberfläche aus erzeugten Temperaturunterschiede in der Sonnenatmosphäre sind aber nur mit einem labilen Gleichgewichtszustande verträglich. Da nämlich die unterste Schicht durch Berührung mit der heißen Oberfläche des Sonnenkörpers erhitzt, die oberste Schicht aber durch Ausstrahlung abgekühlt wird, so haben allerdings die untersten Schichten das Bestreben emporzusteigen, da aber dieses Streben überall vorhanden, und doch wiederum nicht möglich ist ohne ein gleichzeitiges Herabsinken der oberen Schichten an gewissen Punkten, so wird bei vollkommen gleichartigen Verhältnissen überhaupt keine Bewegung eintreten, sondern labiles Gleichgewicht stattfinden. Eine solche Bewegung wird sich aber sofort einstellen, sowie an irgend einer Stelle auch nur die geringste Störung des Gleichgewichtes eintritt. Solch eine Störung

bildet aber bei einer rotirenden Sonnenkugel die Verschiedenheit in der Intensität der Schwerkraft. In Folge dessen muß am Aequator ein Aufsteigen der unteren Schichten der Atmosphäre stattfinden, während in den höheren Breiten die nach beiden Seiten des Aequators hin abfließenden oberen Ströme herabsinken, nachdem sie auf ihrem Wege in der Höhe einen Theil ihrer Wärme durch Ausstrahlung verloren haben. An der Sonnenoberfläche unten strömen sie dann wieder nach dem Aequator und auf diesem unteren Wege wird ihnen durch Berührung mit dem Sonnenkörper wieder neue Wärme mitgetheilt. Da hiernach die polaren Regionen nur mit den absteigenden kühleren, die äquatorialen Zonen aber nur mit den auf ihrem unteren Wege bereits erwärmten Strömen in Berührung kommt, so muß die Temperatur der Aequatorialzone erhöht, die der Polarzonen erniedrigt werden und auf diese Weise eine Temperaturvertheilung erzeugt werden, welche für sich allein auch bei einer ruhenden Kugel die angedeuteten Strömungen in demselben Sinne erzeugen müßte. Diese theoretischen Resultate stehen im Einklange mit den Ergebnissen, welche P. Secchi in Rom aus seinen thermoskopischen Beobachtungen der Sonnenoberfläche abgeleitet hat. Derselbe findet nämlich, daß die äquatorialen Gegenden der Sonne eine höhere Temperatur besitzen, als die Gegenden jenseits 30° Breite und daß der Unterschied wenigstens $^1/_{16}$ beträgt.

Beim Aufsteigen der heißen Schichten am Aequator wird in den höheren Regionen der Atmosphäre durch die dort stattfindende Abkühlung Anlaß zur Bildung von Wolken gegeben, und einen ähnlichen Effect wird auch in höheren Breiten die Mischung äquatorialer und polarer Strömungen herbeiführen. Indessen brauchen uns diese Wolken nicht gerade als dunkle Flecke zu erscheinen, vielmehr ist es mit Berücksichtigung der hohen Temperatur der Sonne wahrscheinlich, daß sie nur aus Stoffen im glühenden Zustande bestehen, so daß sie für uns wenig merklich werden. Dagegen hält es Zöllner für wahrscheinlich, daß wir bei den noch warmen, großen Planeten Jupiter und Saturn in den hellen Aequatorialstreifen die durch die Sonne beleuchteten Wasserdampfwolken des dort aufsteigenden Luftstromes beobachten. Jedenfalls also haben wir auf der Sonne in der Aequatorialzone und in höheren Breiten

Gebiete vorwiegender atmosphärischer Trübungen, wogegen zwischen beiden Gebieten, analog den irdischen Passatzonen, die Orte relativer Klarheit liegen. In den letzteren Gegenden sind also die Bedingungen zur Wärmeausstrahlung der glühendflüssigen Oberfläche der Sonne, und demnach auch zur Entstehung der Sonnenflecken günstiger als anderwärts.

Außer den hier betrachteten, wesentlich durch Temperaturdifferenzen erzeugten Gleichgewichtsstörungen in der Sonnenatmosphäre hat uns aber neuerdings das Spektroskop auch noch die beständige Anwesenheit zahlreicher und gewaltiger Eruptionen von glühenden Wasserstoffmassen aus dem Innern der Sonne nachgewiesen, die ebenfalls eine Quelle von Störungen bilden. Sollte sich die von Respiphi behauptete Abhängigkeit der Häufigkeit und Stärke dieser Eruptionen von der heliographischen Breite (s. S. 28 des vor. Jahrg. dieses Jahrb.) bestätigen, so könnte sich zwischen der Häufigkeit der Flecken und der eruptiven Protuberanzen bezüglich ihrer räumlichen Vertheilung ein gewisser Gegensatz herausstellen, soweit dieser nicht durch die schon erwähnten Ursachen einer verminderten Wärmeausstrahlung ausgeschlossen ist.

Das Resultat dieser Betrachtungen faßt Zöllner in die Worte zusammen: „Die Sonnenflecken sind schlackenartige, durch Wärmeausstrahlung auf der glühendflüssigen Sonnenoberfläche entstandene Abkühlungsprodukte, welche sich in Folge der durch sie selber in der Atmosphäre erzeugten Gleichgewichtsstörungen wieder auflösen. Sind diese Störungen nicht nur locale, sondern allgemeiner verbreitete, so ist in Zeiten solcher allgemeiner atmosphärischer Bewegungen die Bildung neuer Flecken wenig begünstigt, weil alsdann der Oberfläche die wesentlichsten Bedingungen zu einer starken Temperaturerniedrigung fehlen, nämlich die Ruhe und Klarheit der Atmosphäre. Erst wenn die letztere nach Auflösung der Flecken allmälig wieder zur Ruhe gekommen, beginnt der Proceß von Neuem und erhält auf diese Weise, bei den durchschnittlich für lange Zeiträume als constant zu betrachtenden mittleren Verhältnissen der Sonnen-

oberfläche, einen periodischen Charakter. Die räumliche Vertheilung der Flecken muß nach dieser Theorie durch die Zone größter atmosphärischer Klarheit bedingt sein, welche, wie gezeigt, im Allgemeinen mit der Zone größter Häufigkeit der Flecken zusammenfällt.

Die dritte Abhandlung endlich, von Zöllner am 11. Februar 1871 vorgelegt, hat

das Rotationsgesetz der Sonne und der großen Planeten

zum Gegenstande. Schon in der ersten Zeit nach Entdeckung der Sonnenflecken hat Scheiner darauf aufmerksam gemacht, daß dieselben sich in verschiedenen heliographischen Breiten mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegen, und zwar so, daß die südlich gelegenen Flecken eine schnellere Bewegung im Sinne der Rotation der Sonne besitzen, als die nördlichen. Diese Thatsache ist später bestätigt und in unseren Tagen durch die umfassenden Beobachtungen von Spoerer und Carrington zu dem allgemeinen Gesetz erhoben worden, daß die Rotationsgeschwindigkeit der einzelnen Zonen der Flecken mit wachsender Breite stetig abnimmt. Dieses Gesetz sucht nun Zöllner als das nothwendige Resultat einer mechanischen Reaction der oben erwähnten atmosphärischen Strömungen auf die flüssige Sonnenoberfläche zu erklären, und zwar ist es die Wirkung der an der Sonnenoberfläche vom Pol aus nach dem Aequator zurückkehrenden Strömungen, welche bei der Zöllner'schen Theorie in Betracht kommt.

Bei seiner Untersuchung denkt sich Zöllner zunächst eine feste, homogene, rotirende Kugel, über deren Oberfläche sich von den Polen herab eine dünne Schicht einer tropfbarflüssigen Masse mit constanter Geschwindigkeit nach dem Aequator bewegt. Die in dieser Weise sich allseitig ausbreitende Flüssigkeit steht unter dem Einflusse der Schwere und der Reibung an der Oberfläche der Kugel. Es gilt nun, die Geschwindigkeitscomponente eines Flüssigkeitstheilchens in der Ebene eines Parallelkreises als Funktion der Breite auszudrücken. Als Formel für diese Geschwindigkeitscomponente findet Zöllner durch einfache mathematische Betrachtungen

$$\frac{M - N \sin^2 \varphi}{\cos \varphi},$$

wo φ die geographische Breite bedeutet, M und N aber gewisse, aus den Beobachtungen zu ermittelnde constante Größen sind.

Dieses Gesetz behält auch seine Gültigkeit, wenn es sich nicht um eine tropfbare, sondern um eine elastische Flüssigkeit handelt, die nach dem Aequator strömt.

Zöllner denkt sich dann weiter, die Oberfläche der festen rotirenden Kugel sei gleichförmig mit einer im Verhältniß zu ihren Dimensionen sehr dünnen Schicht einer tropfbarflüssigen Masse bedeckt, deren Theilchen nur in der Ebene der Parallelkreise mit einer gewissen Reibung verschiebbar seien. Ueber diese Schicht soll ganz in der vorher betrachteten Weise eine Gasmasse von den Polen zum Aequator strömen, welche vermöge ihrer Reibung mit der beweglichen Flüssigkeitsschicht in Verbindung steht. Es handelt sich nun darum, die Rotationsgeschwindigkeit zu ermitteln, welche ein Theilchen der tropfbarflüssigen Schicht in Folge der Reibung einestheils gegen die feste Kugel, anderntheils gegen die nach dem Aequator strömenden Schichten der Atmosphäre annimmt.

Diese Geschwindigkeit wird jedenfalls zwischen zwei Grenzen liegen.

Nimmt man nämlich die Verschiebbarkeit zwischen der Flüssigkeitsschicht und der Atmosphäre verschwindend klein an, so kann man beide als Eins betrachten und für die Geschwindigkeit der Flüssigkeitsschicht gilt dann die oben entwickelte Formel

$$\frac{M - N \sin^2 \varphi}{\cos \varphi}.$$

Denkt man sich dagegen die Verschiebbarkeit zwischen der festen Kugel und der Flüssigkeitsschicht verschwindend klein, so wird letztere dieselbe Winkelgeschwindigkeit besitzen, wie erstere.

In Wirklichkeit wird weder die eine noch die andere Annahme richtig sein, sondern eine mittlere wird der Wahrheit entsprechen. Zöllner setzt daher die Rotationsgeschwindigkeit eines in der Breite φ befindlichen Flüssigkeitstheilchens gleich dem Ausdrucke

$$p \frac{M - N \sin^2 \varphi}{\cos \varphi} + q \xi,$$

wo ξ die Winkelgeschwindigkeit der festen Kugel bedeutet und p und q Faktoren sind, die im Allgemeinen von der Breite abhängen werden. Außerdem hängen die Werthe von p und q auch ab von den beiden Reibungscoëfficienten der flüssigen Schicht, nämlich gegen die feste Kugeloberfläche von innen und gegen die strömende Gasmasse von außen. Wird der äußere Reibungscoëfficient sehr klein im Vergleich zum innern, so verschwindet p für alle Werthe von φ und q und verwandelt sich in eine constante Größe, wird dagegen der eine Reibungscoëfficient so groß wie der andere, so verschwindet q und p wird constant, es kommt also dann wieder eine Formel für die Rotationsgeschwindigkeit von der ursprünglichen, einfacheren Gestalt zum Vorschein. Zöllner findet es nun wahrscheinlich, daß der letztere Fall auf der Sonne stattfindet. Ehe wir aber seine auf diesem Punkt bezüglichen Gründe vorführen, mögen erst noch einige andere Erläuterungen vorausgehen.

Die oben aufgestellte allgemeine Form des Rotationsgesetzes wird auch dann noch in Gültigkeit bleiben, wenn man es nicht mit einer festen, von einer tropfbarflüssigen Schicht bedeckten Kugel, sondern mit einer homogenen, durchweg tropfbarflüssigen zu thun hat. An die Stelle der früher betrachteten Flüssigkeitsschicht tritt dann die Grenzschicht der flüssigen Kugel, und ihre Verschiebbarkeit wird abhängig von dem Coëfficienten der innern Reibung der Flüssigkeit. Die von den atmosphärischen Strömungen in dieser Schicht erregten Bewegungen tragen dann den Charakter sogenannter Driftströmungen, analog den an der Oberfläche des Oceans auf der Erde beobachteten. Daß diese letzteren nur oberflächlich sind und sich nicht in größere Tiefen erstrecken, ist eine bekannte Sache und durch diese Eigenschaft sind sie wesentlich von den eigentlichen Meeresströmungen unterschieden. Daß solche Strömungen überhaupt keine große Tiefe haben können ist auch durch theoretische und experimentelle Untersuchungen über die Reibung der Flüssigkeiten von O. E. Meyer und C. J. H. Lampe dargethan. Man ist daher wohl berechtigt, die bewegliche Schicht auf der Sonne als außerordentlich dünn im Vergleich zu den Dimensionen der ganzen Kugel zu betrachten.

Bei der Entwickelung der allgemeinen Formel des Rotationsgesetzes der oberflächlichen Flüssigkeitsschicht wurde die beschrän-

kende Annahme gemacht, daß ein Theilchen dieser Schicht nur in der Ebene seines Parallelkreises, also nur in Länge, nicht aber in Breite, also nicht in Richtung des Meridianes verschiebbar sei. Es fragt sich nun, ob in der That auf der Sonne Kräfte denkbar sind, welche die meridionale Verschiebbarkeit der Oberflächentheilchen aufheben können.

Bei näherer Betrachtung findet sich auch wirklich, daß die Entwickelungsfähigkeit der Strömungen in Richtung der Länge und in Richtung der Breite wesentlich verschieden ist. Auf dem Umfange eines Parallelkreises sind nämlich die Impulse, welche die einzelnen Flüssigkeitstheilchen in Richtung der Länge empfangen, alle gleich gerichtet, und es können sich daher die Driftströmungen in Richtung des Parallelkreises ohne anderes Hinderniß, als die innere Reibung der Flüssigkeit entwickeln. Dagegen sind die meridionalen Impulse auf einem und demselben Meridiane auf verschiedenen Seiten des Aequators entgegengesetzt gerichtet, da sie von entgegengesetzten Seiten her nach dem Aequator hin wirken. Es ist also wohl denkbar, daß die meridionale Driftströmung gehemmt, wenn nicht ganz aufgehoben wird.

Außerdem aber können auch noch in der flüssigen Masse der Sonne in Folge der Temperaturzunahme nach dem Innern hin ähnliche Strömungen stattfinden, wie in der Atmosphäre. Diese Strömungen werden an der Oberfläche vom Aequator aus nach den Polen hingehen, also den meridionalen Driftströmungen gerade entgegenwirken. Je nachdem nun die eine oder die andere Strömung stärker ist, würde ein auf der flüssigen Sonnenfläche schwimmender Sonnenfleck sich entweder nach dem Pole oder nach dem Aequator hin bewegen, ohne indessen aufzuhören, der Bewegung der viel stärker entwickelten lateralen Driftströmungen Folge zu leisten. Möglicherweise finden die schwachen Bewegungen, welche die Sonnenflecken in Richtung der Breite zeigen, auf diese Art ihre Erklärung.

Es ergiebt sich auf diese Weise, daß die erwähnte Annahme, nach welcher die Driftströmungen sich vorzugsweise in Länge entwickeln, eine den Verhältnissen der Natur entsprechende ist.

Wir kommen nun zu der schon oben erwähnten Frage, ob wohl der Coëfficient der innern Reibung der glühenden Flüssig-

keit an der Sonnenoberfläche ungefähr gleich sei dem Coëfficienten der äußern Reibung an der Atmosphäre.

Schon Stokes hat aus Beobachtungen von Baily das Resultat abgeleitet und O. E. Meyer hat dasselbe später bestätigt gefunden, daß die Luft an der Oberfläche aller untersuchten festen Körper sehr fest haftet, so daß in den meisten Fällen ein Gleiten nicht stattfindet. Man ist wohl berechtigt, dasselbe Verhältniß auch zwischen tropfbarflüssigen Körpern und Gasen vorauszusetzen. Hiernach könnte von einer äußeren Reibung zwischen diesen Körpern nicht die Rede sein und es würde sich vielmehr handeln einestheils um die innere Reibung der Atmosphäre, anderntheis um die innere Reibung der glühenden Flüssigkeit an der Sonnenoberfläche. Nach O. E. Meyer nimmt aber die innere Reibung von tropfbaren Flüssigkeiten mit steigender Temperatur ab. Die atmosphärische Luft dagegen hat eine bedeutendere innere Reibung, als man nach ihrer geringen Dichtigkeit erwarten sollte; obwohl nämlich die Dichtigkeit der Luft nur der 770ste Theil von derjenigen des Wassers ist, ist doch ihre Reibung der 40ste Theil von der des Wassers. Ferner ist nach Maxwell's theoretischen Arbeiten der Reibungscoëfficient eines vollkommenen Gases von der Dichtigkeit desselben unabhängig, dagegen proportional der Quadratwurzel aus seiner absoluten Temperatur. Nun hat Zöllner in der vorher besprochenen Arbeit über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne für die absolute Temperatur an der Oberfläche der letzteren den Näherungswerth von 27700° C. gefunden. Nach dem Maxwell'schen Gesetze würde bei dieser Temperatur der innere Reibungscoëfficient eines absoluten Gases 9,9 mal so groß sein, als bei einer absoluten Temperatur von 283°, d. h. als bei 10° C. über dem Gefrierpunkte des Wassers. Da nun die innere Reibung des Wassers nur 40 mal so groß ist, als die der Luft, so genügt die Annahme, daß der Reibungscoëfficient der tropfbaren Flüssigkeit auf der Sonne $^1/_4$ von dem des Wassers sei, um das zweite Glied in der allgemeinen Formel des Rotationsgesetzes vernachlässigen zu dürfen. Die Annahme einer größeren Verschiebbarkeit jener Flüssigkeit würde aber bei der hohen Temperatur derselben eine sehr begründete sein, da die oben erwähnte Abnahme der innern Reibung der Flüssigkeiten bei steigender Temperatur nach

Meyer's Beobachtungen weit schneller erfolgt, als die Zunahme dieser Reibung bei Gasen. Außerdem sind jedenfalls in der Sonnenatmosphäre noch Dämpfe von schwerer flüchtigen Stoffen vorhanden, welche den Reibungscoëfficienten der im absoluten Gaszustande befindlichen strömenden Massen noch beträchtlich vergrößern müssen, wie die Beobachtungen Meyer's bezüglich des in der irdischen Atmosphäre enthaltenen Wassers andeuten.

Aus diesen Betrachtungen glaubt Zöllner die Vernachlässigung des zweiten Gliedes in der allgemeinen Formel für die Rotationsgeschwindigkeit rechtfertigen zu können, so daß diese Formel sich auf

$$p \frac{M - N \sin^2 \varphi}{\cos \varphi} \text{ oder } \frac{A - B \sin^2 \varphi}{\cos \varphi}$$

reducirt.

Zur empirischen Bestimmung von A und B beruft sich Zöllner auf die Beobachtungen von Carrington (s. Jahrg. I dieses Jahrb., S. 30 u. f.). Derselbe hat aus seinen, den Zeitraum vom 9. November 1853 bis 24. März 1861 umfassenden Beobachtungen von Sonnenflecken, die in nachstehender Tabelle verzeichneten Werthe für die Rotationswinkel der verschiedenen Breitenkreise im Laufe eines mittleren Tages abgeleitet. Außerdem enthält die Tabelle auch noch den mittleren Werth der täglichen Bewegung in Breite.

Tägliche Bewegung der Sonnenoberfläche in verschiedenen Breiten.

Breite	Bewegung in Länge	Bewegung in Breite	Zahl der beob. Flecken
+ 50°	787′	+ 11′	1
+ 45	—	—	—
+ 40	—	—	—
+ 35	806	—	18
+ 30	824	+ 3,5	59
+ 25	831	+ 3,0	116
+ 20	840	+ 1,0	151
+ 15	851	+ 0,2	127
+ 10	859	— 1,0	142
+ 5	863	— 2,4	85
0	867	+ 3,3	5
— 5	865	— 1,6	31
— 10	856	+ 1,0	218

Breite	Bewegung in Länge	Bewegung in Breite	Zahl der beob. Flecken
— 15	845	— 0,4	98
— 20	839	+ 0,8	200
— 25	827	+ 3,0	75
— 30	814	+ 1,2	67
— 35	805	— 5,3	19
— 40	—	—	—
— 45	759	— 8	2
— 50	—	—	—

Carrington hat die tägliche Bewegung in Länge durch die empirische Formel

$$865' - 165' \sin \tfrac{7}{4} \varphi$$

dargestellt*) und Faye hat dafür

$$862' - 186' \sin^2 \varphi$$

gesetzt. Genauer aber als durch diese Formeln werden die Carrington'schen Beobachtungen dargestellt durch die Zöllner'sche Formel

$$\frac{A - B \sin^2 \varphi}{\cos \varphi},$$

wenn man für die

nördliche Hemisphäre	südliche Hemisphäre
A = 863',8	A = 863',1
B = 613,2	B = 631,1

setzt. Daß die Constante B in beiden Hemisphären verschiedene Werthe hat, kann nicht befremden, denn der Werth derselben hängt ja von der physikalischen Beschaffenheit der Sonnenoberfläche ab, also von der Temperatur, den Reibungscoëfficienten u. s. w. Secchi hat aber gezeigt, daß die erstere in der nördlichen Hemisphäre etwas größer ist, als in der südlichen und am Aequator ihren größten Werth besitzt. Auf die Reibungsverhältnisse wird aber die Anzahl und Vertheilung der Sonnenflecken nicht ohne Einfluß sein.

Nachdem Zöllner auf die besprochene Weise gezeigt hat, daß seine theoretisch abgeleitete Formel des Rotationsgesetzes der

*) Auf S. 32 des Jahrg. I dieses Jahrb. steht in Folge eines Versehens $865' - 165' \sin \frac{7}{4} b$, wo b dieselbe Bedeutung hat, wie oben φ.

Erfahrung entspricht, untersucht er weiter die Aenderung, welche die Rotationsgeschwindigkeit in der Oberflächenschicht mit zunehmender Tiefe erleidet, und kommt dabei zu dem wichtigen Resultate, daß die tiefer liegenden Theilchen den darüber liegenden im Sinne der Rotation voraueilen, und das am meisten am Aequator.

Dasselbe Gesetz gilt auch für die dünne atmosphärische Schicht, welche als Polarstrom die Driftströmungen an der Oberfläche der flüssigen Sonnenmasse hervorruft. Mit Ausnahme der Polarregionen, in denen die Ströme ihren Ursprung haben, werden daher auf der ganzen Sonnenoberfläche östliche*) Winde wehen, deren Geschwindigkeit mit abnehmender Breite stetig wächst und am Aequator am größten ist.

Demgemäß sind die betrachteten Driftströmungen an der glühendflüssigen Sonnenoberfläche dem inneren, normal rotirenden Kerne gegenüber im Allgemeinen von Osten nach Westen gerichtet und das Rotationsgesetz ist nur eine Folge der Verzögerung oder Hemmung, welche die Rotationsbewegung der oberflächlichen Schichten der rotirenden Kugel an den Polarströmungen der Atmosphäre erleidet.

Bisher ist angenommen worden, daß die Sonnenflecken den Strömungen der flüssigen Oberflächenschicht der Sonne ohne wesentliches Hinderniß folgen; es wurde daher auch das für jene Driftströmungen verificirte Gesetz an der Bewegung der Sonnenflecken bewährt gefunden. Letzteres wird freilich auch dann noch statthaft sein, wenn die verringerte Geschwindigkeit der Sonnenflecken proportional der Geschwindigkeit des Driftstromes gesetzt werden darf. Große Mengen aber von Sonnenflecken, die gleichzeitig oder nach kurzen Zwischenräumen in derselben Breite auftreten, müssen eine Aenderung in dem Bewegungsgesetz hervorbringen. Denn wenn jeder Sonnenfleck eine Schlackenmasse ist, wie Zöllner's Theorie voraussetzt, so muß die Reibung der Atmosphäre an seiner Oberfläche jedenfalls größer sein als an der Oberfläche der flüssigen Masse.

*) Heliocentrisch gesprochen.

Der Fleck wird dann in seiner Rotationsbewegung von den atmosphärischen Strömungen mehr gehemmt werden, als die ihn umgebende Flüssigkeit, er wird sich also der Driftströmung der letzteren wie eine Insel entgegenstellen. Da nun die Sonnenflecken im Wesentlichen auf zwei Zonen, von 5° bis 30° nördlicher und südlicher Breite, beschränkt sind, so wird sich der verzögernde Einfluß ungefähr in 17½° Breite am stärksten geltend machen. Alles dies gilt um so mehr, je größer die Anzahl der Flecken ist. Wie bekannt, erlangt die Zahl der Sonnenflecken nach ungefähr 11 Jahren ein Maximum und in den mitten dazwischen liegenden Jahren ein Minimum. Daß nun in der That die Häufigkeit der Sonnenflecken einen wesentlichen Einfluß auf das Rotationsgesetz ausübt, hat schon vor Jahren Spoerer bemerkt. Derselbe leitete nämlich aus seinen in den Jahren 1861—64, also bald nach dem Maximum von 1860, angestellten Beobachtungen für den täglichen Rotationswinkel den Werth

$$1011',0 - 202,8 . \sin (\varphi + 41° 13')$$

ab (s. Jahr. II, S. 18), fand aber, als er die Beobachtungen von 1866 mit dieser Formel verglich, wesentliche Abweichungen und kam so zu dem Resultate, daß „für die Zeit verminderten Fleckenstandes eine getrennte Behandlung erforderlich" sei.

Im Allgemeinen wird man nun das Rotationsgesetz für den Fall einer größern Häufigkeit der Sonnenflecken durch eine Formel von der Gestalt

$$\frac{A - B \sin^2 \varphi}{\cos \varphi} - X$$

ausdrücken können, wo X eine von der Breite φ abhängige Größe bedeutet, die für einen bestimmten, zwischen 5° und 30° liegenden Werth von φ ihren größten Werth erreicht. Zöllner setzt dieselbe (versuchsweise) gleich $C \cos (\varphi - \alpha)$, wo C eine constante Größe bedeutet, und gelangt dann durch eine einfache Umwandlung zu der Formel

$$\frac{A' - B' \sin^2 \varphi}{\cos \varphi} - C' \sin \varphi.$$

Aus den weiter unten stehenden Beobachtungen Spoerer's —

mit Ausscheidung der beiden ersten, in unmittelbarer Nähe des Aequators gelegenen — findet nun Zöllner

$$A' = 877',07\,,\ B' = 387',07\,,\ C' = 154',39.$$

Von der Genauigkeit, mit welcher sich diese Formel den Beobachtungen anschließt, giebt die folgende Tabelle Zeugniß, welche außer den von Spoerer beobachteten Werthen der Rotationsgeschwindigkeit der Flecken auch die nach der Spoerer'schen und nach der Zöllner'schen Formel berechneten Werthe enthält.

Breite φ	Täglicher Rotationswinkel		
	von Spoerer beobachtet	berechnet nach der Formel	
		Spoerer's	Zöllner's
0° 54'	881',4	874',7	874',5
1 55	874,2	872,1	871,9
5 4	860,4	864,0	863,6
7 2	858,6	859,5	859,0
9 20	853,8	854,4	853,7
11 56	851,9	848,5	847,7
14 7	843,6	844,0	843,1
15 49	837,6	841,1	839,7
18 23	832,8	835,7	834,8
21 18	832,2	830,7	830,6
24 38	826,8	825,5	826,4
30 22	823,8	818,3	823,8

Den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung gemäß beurtheilt man die Genauigkeit einer Formel nach der Summe der Quadrate der Fehler zwischen Beobachtung und Rechnung; je kleiner diese Summe, desto genauer entspricht die Formel der Wirklichkeit. Nun findet man bei der Spoerer'schen Formel die Summe der Fehlerquadrate gleich 130,1, bei der Zöllner'schen aber nur 92,4; noch günstiger gestaltet sich aber die Sache für letztere, wenn man die beiden ersten, auf die unmittelbare Nähe des Aequators sich beziehenden Beobachtungen ausschließt, dann ist nämlich die Summe für die Spoerer'sche Formel 85,2, für die Zöllner'sche aber blos 44,8.

Es hat sich demnach die Zöllner'sche Formel für die

Spoerer'schen Beobachtungen in der Nähe eines Sonnenflecken-Maximums sehr gut bewährt.

Zöllner betrachtet nun weiter die übrigen Bewegungen, welche ein Sonnenfleck nach der von ihm entwickelten Theorie machen muß.

Zunächst ist zu beachten, daß der Sonnenfleck als eine feste Schlackenmasse mehr oder minder tief in die feurigflüssige Masse der Sonnenoberfläche hinabreichen muß, also in Tiefen, welche eine größere Rotationsgeschwindigkeit haben, als die Schichten an der Oberfläche. In Folge dessen bekommt die Schlackenmasse einen Impuls zur Drehung um eine horizontale, in der Richtung des Meridianes liegende Achse. Trotzdem daß dieser Impuls eine beträchtliche Größe besitzt, da die Aenderungen der Geschwindigkeit nach der Tiefe hin ziemlich schnell wachsen, so wird es doch selten zu einer wirklichen Rotation der Flecken kommen, weil die horizontale Ausdehnung der Schlackenmasse viel größer ist, als ihre vertikale. Der Effect wird sich vielmehr meist darauf beschränken, daß der vorangehende Theil der Schlackenmasse gehoben wird, der nachfolgende einsinkt, so daß die Oberfläche schräg, nach hinten geneigt ist.

Weil aber auch nach den Polen hin die Rotationsgeschwindigkeit der flüssigen Masse eine geringere ist, als am Aequator, so wird stets der nach dem Aequator zu liegende Theil eines größeren Fleckens die Tendenz haben, dem andern Theile vorauszueilen und es wird auf diese Weise eine Drehung um eine vertikale Achse veranlaßt werden. Diese Drehung muß auf beiden Hemisphären in entgegengesetztem Sinne erfolgen, für einen Beobachter auf der nördlichen Erdhemisphäre erfolgt sie bei einem auf der südlichen Sonnenhalbkugel liegenden Flecken im Sinne der Zeiger einer Uhr, bei einem nördlich gelegenen im entgegengesetzten. Der Impuls zu dieser Drehung ist indessen geringer, als der zur Drehung um eine horizontale Achse, weil die Zunahme der Rotationsgeschwindigkeit nach der Tiefe rascher erfolgt, als ihre Abnahme mit wachsender Breite.

Was nun die wirklich an Sonnenflecken beobachteten Erscheinungen anlangt, so erwähnt Carrington deren Tendenz zu divergiren, eine Erscheinung, die nach Zöllner's Theorie ihre Erklärung findet durch die an den Küsten der Schlackeninseln

erzeugten heftigen Winde, welche in ihrem unteren Theile, an der Oberfläche der Inseln, analog den Landwinden an den Küsten des Meeres centrifugale Richtung haben müssen.

Die von Carrington gleichfalls erwähnte Tendenz der Flecke, zu zerbrechen und sich zu zertheilen, würde sich durch den Druck erklären, welchen die Schlackenmassen in Folge des Strebens, sich um eine horizontale Achse zu drehen, erleiden.

Dieses Streben, sich um eine horizontale Achse zu drehen, wird um so kräftiger sein, je tiefer der Fleck in die flüssige Masse eintaucht. Jedenfalls ist aber im Anfange der Entwickelung eines Fleckes seine Dicke verhältnißmäßig gering, es wächst dieselbe aber später. Gewinnt nun die Drehungs-Tendenz über den durch die schräge Lage der Schlackeninsel erzeugten Druck die Oberhand, so wird der ganze Fleck eine Wälzung erleiden, er wird untertauchen, von den tieferen Schichten fortgeführt werden und an einem andern Orte, der im Sinne der Rotation vorwärts liegt, wieder auftauchen. Ein solches Phänomen wird wahrscheinlich nur im letzten Entwickelungsstadium eines Sonnenfleckes auftreten. In der That führt Carrington gegen zwanzig Fälle solchen Wiederauftretens verschwundener Flecke auf, ja Secchi spricht in einem im vorigen Jahre erschienenen Werke, Le Soleil, geradezu den allgemeinen Satz aus: „Wenn die großen Flecke sich aufgelöst haben, so erscheinen sie oft wieder in kleiner Entfernung von ihrer ursprünglichen Stelle, aber immer nach vorwärts hin.“

Drehungen der Flecke um eine vertikale Achse sind ebenfalls vielfach beobachtet worden, doch läßt es Zöllner dahin gestellt, ob sie in dem von ihm entwickelten Sinne erfolgt sind.

Durch die schiefe Stellung der Schlackeninseln erklärt sich auch die von Spoerer hervorgehobene Erscheinung, daß der nachfolgende Theil meist früher verschwindet; denn der nachfolgende Rand ist eben zu einem größeren Theile eingetaucht und liegt weniger hoch über dem glühenden Oceane der Sonnenoberfläche.

Aus der theoretisch abgeleiteten Existenz von östlichen (heliocentrisch) Winden auf der Sonne erklärt sich auch die von Spoerer u. A. erwähnte Thatsache, daß sich die sogenannten Fackeln in der Nähe der Flecken in der überwiegenden Mehrzahl auf der nachfolgenden Seite der letzteren befinden. Denn diese Fackeln sind nach Zöllner's Theorie Theile der Sonnen-

atmosphäre, welche durch die an der Grenze der Flecken aufsteigenden Luftströme emporgerissen werden und wirkliche Erhebungen der glühenden Atmosphäre über ihr gewöhnliches Niveau bilden. Es sind wesentlich drei Umstände, welche eine größere Helligkeit dieser Gebilde bedingen: ihre höhere Temperatur, die größere Dicke der strahlenden Schicht und die Verminderung der Dicke der kälteren Schichten der Sonnenatmosphäre, welche vorzugsweise absorbirend auf die Lichtstrahlung des Sonnenkernes wirken.

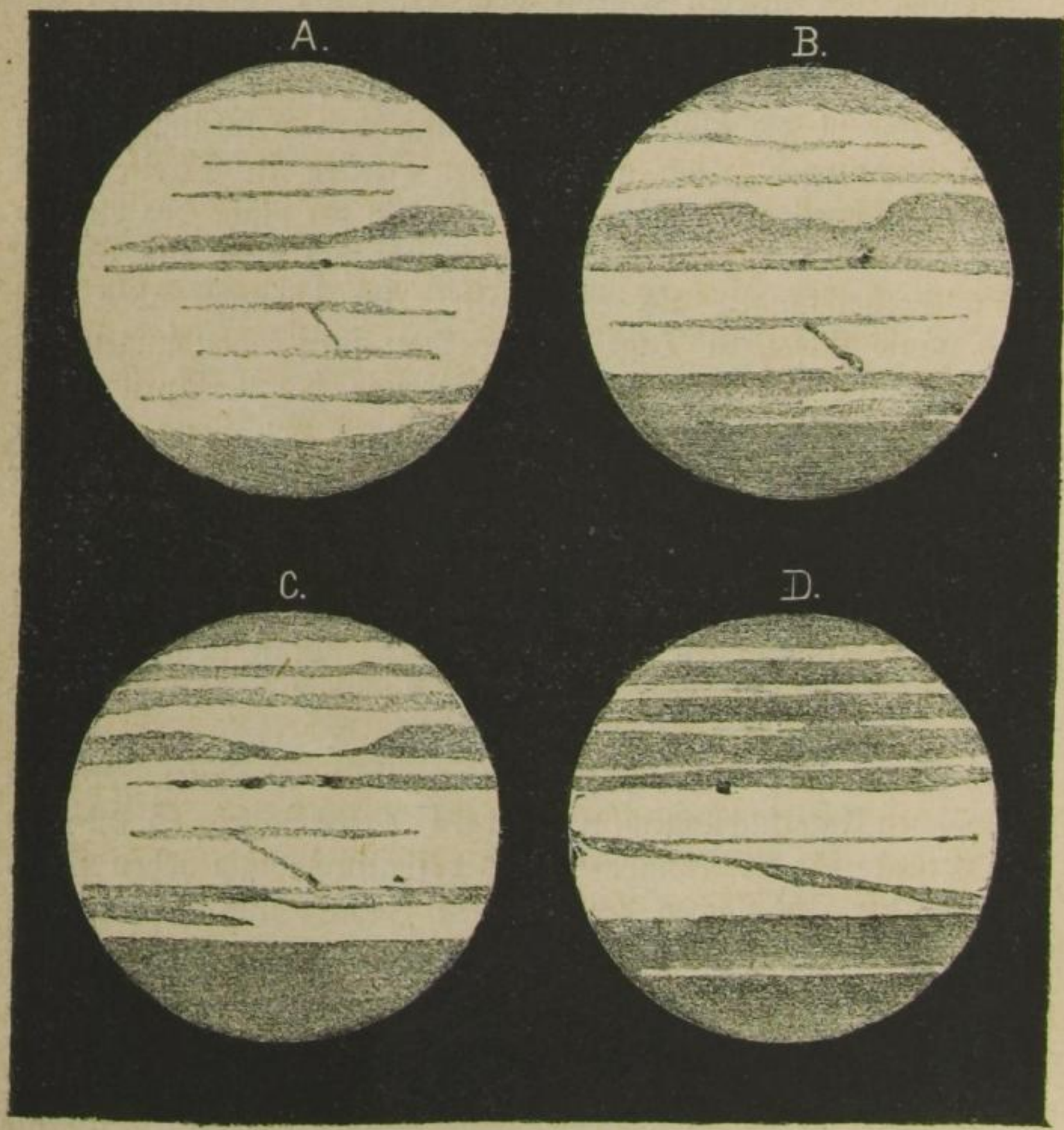
Eine wesentliche Voraussetzung der Zöllner'schen Theorie ist der feste Aggregatzustand der Sonnenflecken. Wenn dieselben wolkenartige, in der Sonnenatmosphäre schwebende Gebilde wären, so müßten sie in Folge des Rotationsgesetzes der Atmosphäre im Verlauf weniger Tage auffällige Gestaltveränderungen erleiden. Da nämlich nach Carrington's Beobachtungen der Unterschied der täglichen Rotationswinkel zweier um ein Breitengrad von einander entfernt liegenden Punkte ungefähr $1^{\circ},6$ beträgt, so müssen zwei solche Punkte, sofern sie verschiebbar sind, im Laufe eines Tages um $1^{\circ},6$ von einander abrücken, wobei der nach dem Aequator hinliegende vorauseilt. Ein wolkenartiges Gebilde von 1° Durchmesser müßte sich daher zu einem Streifen ausdehnen, der mehr und mehr eine dem Aequator parallele Richtung annehmen, in der Mitte am breitesten sein und nach beiden Enden hin schmaler und schmaler werden würde. Schon nach einer halben Rotation würde ein solcher Streifen eine Länge von 20° besitzen. Wäre der ursprüngliche Durchmesser 3°, so würde nach einmaliger Rotation der Fleck einen über 120 Längengrade sich erstreckenden Streifen bilden. Die Abwesenheit solcher Streifenbildung auf der Sonne betrachtet Zöllner als einen der schlagendsten Beweise gegen die wolkenartige Natur der Sonnenflecken.

Diese Betrachtungen führen ihn aber auf die Frage, ob nicht die merkwürdigen und so charakteristischen Streifen, welche wir auf den Oberflächen des Jupiter und Saturn beobachten, auf diese Weise entstehen. Bedingung für eine solche Entstehung wäre aber die Gültigkeit eines Gesetzes für diese beiden Planeten, das dem Rotationsgesetz analog sein müßte. Für die Oberfläche des Jupiter ist es nun auch gelungen, die Exi-

stenz dieses Rotationsgesetzes direct „durch ältere und neuere Beobachtungen unwiderleglich zu beweisen und hierbei gleichzeitig die Richtigkeit der oben entwickelten Theorie der Streifenbildung über jeden Zweifel zu erheben.“ Schon in einer Abhandlung des älteren Cassini vom J. 1692 (Nouvelles découvertes de diverses périodes de mouvement dans la Planète de Jupiter) finden sich Beobachtungen verzeichnet, welche sowohl die allmälige Umbildung von ursprünglich nach allen Richtungen gleich ausgedehnten Flecken in Streifen, als auch die schnellere Rotation von Flecken in der Nähe des Aequators beweisen. Letztere Thatsache ergiebt sich auch aus Schröter's Beobachtungen als die Regel. Am schönsten aber tritt das ganze Gesetz zu Tage, wenn man fünf Abbildungen des Jupiter aus der Zeit vom 29. Februar bis 9. April 1860 betrachtet, welche Zöllner nach Zeichnungen von Long, Baxendell und Fletcher veröffentlicht. Die umstehende Figur enthält vier von diesen Abbildungen: A zeigt den Jupiter am Abende des 29. Februar (nach Long), B am Abende des 2. März, C am Abende des 5. März und D am Abende des 9. April (alle drei Zeichnungen nach Baxendell). Man sieht, wie ein Streifen allmälig länger wird und sich schließlich über die ganze Breite der Planetenscheibe ausdehnt.

Schon vor sechs Jahren hat Zöllner in seinen „Photometrischen Untersuchungen“ (s. Jahrg. II dieses Jahrb., S. 22 u. f.) die Gründe für die Annahme einer verhältnißmäßig hohen Temperatur der Oberflächen der Planeten Jupiter und Saturn entwickelt. Der wesentlichste Grund war die große Veränderlichkeit der Gebilde, die wir an der Oberfläche dieser Planeten beobachten. Wenn diese Veränderlichkeit eine Folge von Temperaturdifferenzen in der Atmosphäre ist, so können dieselben nicht durch die Sonnenwärme hervorgerufen werden, denn die Intensität derselben beträgt auf dem Jupiter nur $1/25$, auf dem Saturn aber nur $1/100$ von derjenigen auf der Erde. Die Quelle jener gewaltigen Bewegungen, welche meist unsere stärksten Stürme an Heftigkeit übertreffen, muß also in der eigenen hohen Temperatur der beiden Planeten gesucht werden. Die grauen Streifen, welche man auf diesen Planeten beobachtet, können nicht Wolken aus Wasserdampf sein, „weil diese sich bei einem von außen betrachteten Planeten als weiße

Fig. 2.



Ansicht des Planeten Jupiter.

A am 29. Febr. 1860 nach Long
B „ 2. März 1860
C „ 5. „ 1860
D „ 9. April 1869
die drei letzteren Figuren nach Baxendell.

Stellen von dem dunkleren Grunde der allgemeinen Oberfläche abheben müßten. Eine Wolke von Wasserdampf erscheint nur grau im durchgehenden, nicht im reflectirten Lichte." Zöllner hält vielmehr den grauen Streifen, dessen verschiedene Formen die vorstehende Figur zeigt, für einen Riß in der Wolkendecke des Planeten; denn wäre derselbe eine dunkle Wolke, etwa aus vulkanischer Asche oder dergl., so müßte er immer dünner und feiner werden, in dem Maße, wie er sich verlängert. Statt dessen wurde er aber breiter und dunkeler. Wahrscheinlich war im März 1860 die Wolkendecke in einem allgemeinen Auflösungsprocesse begriffen, der seine Wirkung zunächst an den Grenzen der Wolkengebilde geltend machte und die vorhandenen Lücken erweiterte. Auch alle anderen dunkeln Theile der Jupiterfläche verdunkelten sich in der Zeit vom 29. Februar bis 5. März 1860.

Wenn durch die aufgeführten Thatsachen die vorgetragene Theorie der Streifenbildung als richtig erwiesen gilt, so kann man auch umgekehrt aus der Anwesenheit solcher Streifen auf einem Planeten auf die Existenz der sie erzeugenden Ursachen schließen, und daher muß auch Saturn eine hinreichend hohe Temperatur besitzen, um in Verbindung mit seiner Rotation die erforderlichen Polarstreifen in der ihn umgebenden Atmosphäre zu erzeugen.

Durch die Ereignisse dieser Arbeit glaubt Zöllner die bisher von ihm „über die physische Beschaffenheit der Sonne nur vereinzelt und aphoristisch entwickelten Ansichten in einer so befriedigenden Weise bestätigt zu haben, daß dieselben aus dem Bereich blos hypothetischer Annahmen in das Gebiet einer Theorie getreten sind, welche, von Thatsachen der Beobachtung ausgehend, mit Hülfe einfacher und allgemein bekannter physikalischer Gesetze die Mannigfaltigkeit der solaren Bewegungsphänomene in ihren wesentlichen Grundzügen deductiv zu entwickeln vermag."

Faßt man die Ergebnisse nochmals zusammen, so ist

1. die Rotation des Sonnenkörpers durch die Beobachtung der Sonnenflecken seit Joh. Fabricius, Galilei und Scheiner,

2. die hohe Temperatur der Oberfläche und

3. die Existenz einer Atmosphäre der Sonne als unwiderlegliche Consequenz der Spektralanalyse des Sonnenlichts

bewiesen. Als ein mehr durch indirecte Schlüsse vermitteltes Resultat ergiebt sich

4. die tropfbarflüssige Natur der Sonnenoberfläche. Die Leser der früheren Jahrgänge dieses Jahrbuchs werden sich erinnern, daß nicht eine allgemeine Uebereinstimmung über diesen Punkt herrscht, daß vielmehr Faye und Andere die Sonne für einen durchweg gasförmigen Körper halten (s. Jahrb. IV., S. 10), und noch neuerdings hat der P. Secchi in dem schon erwähnten Werke Le Soleil sich die Priorität dieser Theorie gewahrt, indem er darauf hinweist, daß er dieselbe schon im Januar 1864 vermuthungsweise ausgesprochen habe. Indessen ist auf der andern Seite neuerdings ein anderer fleißiger Beobachter der Sonne, Respighi, wie er in den Verhandlungen der Accademia dei Lincei, 4. December 1870, ausführt, zu einer mit der Zöllner'schen wesentlich übereinstimmenden Ansicht geführt worden.

Wie sich aus diesen Grundvoraussetzungen die an den Flecken beobachteten Erscheinungen erklären lassen, ist vorstehend ausführlich mitgetheilt worden; nur über die Penumbren oder Höfe der Sonnenflecken wollen wir zuletzt noch Zöllner's Ansicht mittheilen.

Jeder Fleck bedingt an der Sonnenoberfläche eine Stelle von schroff gegen die Umgebung abgegrenzter Temperaturerniedrigung, welche in der darüber befindlichen Atmosphäre auf- und absteigende Strömungen verursacht. Der aufsteigende Theil dieser Cirkulation begrenzt die äußere Umgebung der Flecke und erzeugt durch Aufsteigen heißerer Theile der Atmosphäre über das gewöhnliche Niveau die sogenannten Fackeln; der absteigende Theil dagegen fällt auf die Schlackenmasse, erleidet aber bei seinem Uebertritt auf dieselbe bereits in der Höhe durch die verminderte Wärmeausstrahlung der Schlackenmasse eine Abkühlung, in Folge deren sich ein Theil der aufgelösten Dämpfe in Wolkenform ausscheidet. Diese die Schlackeninseln in gewisser Höhe umgebenden Wolkengebilde erscheinen uns auf dieselben projicirt als die sogenannten Penumbren. Ihre Entstehungsweise erklärt sowohl ihre nach dem Centrum der Flecke gerichtete Stratification, als auch die konische Vertiefung ihrer Oberfläche, indem die nach dem Innern des Fleckes gerichteten absteigenden Ströme eine Senkung des innern Randes nach

der Oberfläche des Fleckes bewirken müssen. Hierdurch erklären sich auch die von Wilson beobachteten Veränderungen in der Breite der Ränder. Da diese Condensationswolken die Wärmeausstrahlung hemmen, so liegt in ihnen ein Anlaß zur Wiederauflösung der Schlackenmassen, die theils durch Leitung von unten, theils durch die niederströmenden Condensationsproducte fortwährend erwärmt werden. Insofern diese Entstehung der Condensationswolken an die Existenz der Sonnenatmosphäre geknüpft ist, kann man die letztere also als einen Regulator der Wärmeausstrahlung ihrer glühend-flüssigen Oberfläche betrachten.

Da die Entstehung eines Fleckes eine doppelte Ursache hat, nämlich als primitive die durch Klarheit der Atmosphäre begünstigte Ausstrahlung, als secundäre die abkühlende Berührung mit den kälteren Theilen des herabsteigenden Luftstromes, während die Auflösung desselben nur durch Berührung mit wärmeren Luft- und Flüssigkeitsmassen, nicht durch Wärmestrahlung erfolgt, so muß die Entwickelung eines Fleckes schneller erfolgen als seine Auflösung und dieser Umstand ein schnelleres Aufsteigen als Absteigen in der Häufigkeitscurve der Sonnenflecke bedingen. Dieser letztere Umstand wird besonders auffällig bestätigt durch die im December vor. J. von Wolf in Zürich veröffentlichten Tafeln, welche die Häufigkeit der Sonnenflecken darstellen; nach Wolf nimmt das Aufsteigen der Fleckencurve durchschnittlich 3,7 Jahre, das Absteigen 7,4 Jahre in Anspruch.

Was die eruptiven Protuberanzen betrifft, so müssen diese am häufigsten entstehen in der Nähe von Flecken, wo starke aufsteigende Ströme stattfinden, sowie da, wo sich Fackeln zeigen, die ja ebenfalls durch aufsteigende Ströme veranlaßt werden; denn durch solche Ströme wird der Druck auf den Sonnenkörper vermindert. In der That findet diese Ansicht in den Beobachtungen von Respighi Bestätigung. Derselbe schreibt: „Unterm Kernfleck finden entweder keine Eruptionen statt oder sie sind auf schwache Strahlen von kurzer Dauer beschränkt. An der Grenze der Flecken erheben sich gewöhnlich Gasstrahlen von außerordentlicher Intensität und Heftigkeit und von wohl bestimmter Form.“ Und rücksichtlich des Zusammenhanges zwischen Protuberanzen und Fackeln sagt er: „In der Regel sind an der Stelle der Fackeln die Protuberanzen oder Eruptionen

sehr häufig und sehr entwickelt ꝛc. — Wenn auch in der Nähe der Fackeln sich gewöhnlich große Protuberanzen vorfinden, so zeigen sich doch ihre Positionen nicht zusammenfallend mit jenen, so daß man beide verwechseln könnte. Die Protuberanzen und Gasstrahlen befinden sich sehr nahe bei den Fackeln, bilden aber ein von diesen ganz verschiedenes Phänomen."

Bei dem Zusammenhange zwischen Protuberanzen und Flecken wird man vermuthen können, daß erstere an den Polen und am Aequator nur selten auftreten. Dies bestätigt auch Respighi in den Sätzen:

„In den Circumpolargegenden bis zur Entfernung von 20° vom Pol tritt die Erscheinung der Protuberanzen entweder niemals oder nur ganz ausnahmsweise auf.

In der Aequatorialzone, in einer Breite von etwa 20°, sind die Portuberanzen oder Eruptionen weniger häufig und weniger entwickelt, als in den einer höheren Breite entsprechenden Zonen."

Rücksichtlich der Höhe der Protuberanzen bemerkt derselbe:

„Wenn man beide Hemisphären in Zonen von 10° Breite theilt, und für eine jede die mittlere Höhe der Protuberanzen, die keine geringere Höhe als 1′ haben, berechnet, so ergeben sich folgende Resultate:

	Mittlere Höhe	
Zone	nördliche	südliche Halbkugel
0°—10°	1′ 26″	1′ 29″
10 —20	1 48	1 44
20 —39	1 30	1 34
30 —40	1 53	1 38
40 —50	1 24	1 42
50 —60	1 29	1 40
70 —80	1 48	—
80 --90	—	—

An diese Respighi'schen Resultate schließen wir noch einige Bemerkungen an über

das Spektrum der Protuberanzen.

Als Janssen und Lockyer mit dem Spektroskop die Protuberanzen untersuchten, waren es besonders drei helle Linien, welche ihre Aufmerksamkeit fesselten, zwei den Fraunhofer'schen

Linien C und F entsprechend und, wie man weiß, dem Wasserstoff zugehörig, und eine im Gelb, bei der Linie D, nach der Seite des Grün hin liegend, D‴, welche man bis jetzt noch nicht mit Sicherheit auf ein bestimmtes Element hat beziehen können. Doch wurden gleich anfangs auch noch andere Linien, z. B. eine Wasserstofflinie (H_γ) bei G, beobachtet und im weitern Verlaufe der Untersuchungen ist die Zahl der beobachteten Linien im Protuberanzenspektrum noch bedeutend angewachsen. Ob man mehr oder weniger helle Linien sehen kann, das hängt einestheils von der Kraft des Beobachtungsinstrumentes ab, anderntheils kommt, wie zu erwarten, auch die Beschaffenheit der Protuberanzen selbst in Betracht. Diese scheint ziemlich veränderlich zu sein, denn wie Rayet bemerkt, nimmt man an manchen Tagen nur die Wasserstofflinien wahr, während zu anderer Zeit auch Linien von Magnesium, Natrium, Eisen, Nickel und andere Elemente erkennbar sind. Derselbe Beobachter hebt noch einen andern merkwürdigen Umstand hervor. Während in dem Sonnenspektrum nach Angström 450 dunkle Linien existiren, welche genau coincidiren mit den hellen Eisenlinien des elektrischen Funkens, erblickt man im Spektrum der Protuberanzen nicht mehr als 5 helle Linien, welche glühenden Eisendämpfen zugeschrieben werden können. Ebenso werden von Angström's 7 Magnesiumlinien im Sonnenspektrum nur 3 und von 9 Natriumlinien nur die beiden D′ und D″ im Protuberanzenspektrum leuchtend. Die Umkehrung der beiden Natriumlinien D′ und D″ ist, wie es scheint, zuerst von Rayet beobachtet worden. In einer am 1. August vorigen Jahres der Pariser Akademie übergebenen Note zählt derselbe 22 bis dahin beobachtete helle Protuberanzenlinien auf. Nach ihrer Wellenlänge — ausgedrückt in Zehnmillionentheilen eines Millimeters — sind es die folgenden.

Wellenlänge		
4104	Wasserstofflinie	H_δ
4343	„	H_γ
4860,7	„	H_β=F
4923,2	Eisenlinie	beob. von Lockyer
5014,2	Eisenlinie	
5017,6	. . . . . „	„ Lockyer

Wellenlänge			
5166,6	Magnesiumlinie b_4	. . beob. von	Lockyer
5168,3	Nickellinie b_3		
5172,0	Magnesiumlinie b_2	. . „ „	Secchi
5183,0	Magnesiumlinie b_1	. . „ „	dems.
5197,0	Eisenlinie	„ „	Lockyer
5233,4	Manganlinie	„ „	dems.
5275,0	. . . . .	„ „	dems.
5315,9	Eisenlinie	„ „	dems.
5357,0	. . . . .	„ „	Secchi
5362,0	Eisenlinie	„ „	Rayet
5370,4	Eisenlinie	„ „	dems.
5534,1	Baryumlinie	„ „	dems.
5874,1	. . . . D'''		
5889,0	Natriumlinie D' . . .	„ „	dems.
5895,0	Natriumlinie D'' . . .	„ „	dems.
6568	Wasserstofflinie $H_\alpha = C$		

Nachdem man die wesentliche Natur der Protuberanzen erkannt und dieselben als glühende Wasserstoffstrahlen nachgewiesen, sowie die Möglichkeit gewonnen hat, diese Gebilde zu jeder Zeit zu beobachten, ist zwar das hauptsächlichste Interesse, welches sich früher an die Beobachtung totaler Sonnenfinsternisse knüpfte, geschwunden; dafür aber ist, abgesehen von den Aufgaben der rechnenden Astronomie, ein neues Problem in den Vordergrund getreten, nämlich die Frage nach der Beschaffenheit der sogenannten Corona, einer Erscheinung, welche sich uns nur während der totalen Sonnenfinsternisse darbietet. Aus diesem Grunde war auch

die totale Sonnenfinsterniß vom 22. December vor. J. ein von vielen Seiten mit großer Spannung erwartetes Ereigniß. Mit dieser Finsterniß schloß für eine Reihe von Jahren der Cyklus größerer, totaler Finsternisse. Die Zone der Totalität begann im Atlantischen Ocean, südlich von der äußersten Spitze Grönlands und durchschnitt den Ocean in südöstlicher Richtung; bei Serdao in der portugiesischen Provinz Alemtejo betrat sie den Continent, ging dann dicht bei Tavira vorbei nach der Bucht von Cadix, passirte zwischen dieser Stadt und Xeres de la Frontera nach dem Mittelmeere, das

sie kreuzte, um westlich von Oran die afrikanische Küste zu erreichen. Acht Meilen südlich von Algier erreichte die Totalitätszone ihren südlichsten Punkt. Von da ging sie, allmälig nach Nordost sich wendend, bei Batna vorüber, trat im Golf von Hamanat wieder ins Mittelmeer und erreichte Sicilien unterm 37. Breidengrade. Nördlich von Syracus verließ das Centrum des Schattens die Insel wieder, ging südlich vom Festlande Italiens durch das Meer und betrat bei Prevyza am Busen von Arta Thessalien. Von da zog sie sich quer durch die Balkanhalbinsel, durch den nördlichen Theil des ägeischen Meeres, den südlichen Theil von Rumelien, trat dann ins Schwarze Meer, durchschnitt die Krim zwischen Sewastopol und Balaklawa und nahm dann ihren Lauf übers Asow'sche Meer ins Flußgebiet des Don. Bei Novo Tscherkask, im Lande der Don'schen Kosaken, verließ der Kernschatten des Mondes die Erde, nachdem er den ganzen Weg in Zeit von 1 St. 6 Min. zurückgelegt hatte. Die Breite der Totalitätszone betrug in Westeuropa 22 Meilen, nahm aber weiter nach Osten bis 16 Meilen ab; am längsten, 2¼ Minute, war ihre Dauer in Portugal und Spanien, wo sie Mittags eintrat, in Rußland währte sie blos eine Minute.

Zur Beobachtung der Finsterniß wurden rechtzeitig die umfassendsten Vorkehrungen getroffen. Nordamerika gewährte zuerst die Mittel zur Ausrüstung zweier Expeditionen nach Spanien und Sicilien, England schickte Expeditionen nach Cadix, Gibraltar, Oran und Sicilien, österreichischer Seits gingen Weiß und Oppolzer nach der Bucht von Artra, die Italiener beobachteten auf Sicilien, selbst die französische Akademie sendete aus dem belagerten Paris den Physiker Jansen ab, der am 1. December im Ballon „Volta" aufstieg und damit bis Saint Nazaire kam, um in Nordafrika spektroskopische Beobachtungen anzustellen, und von deutscher Seite schloß sich ein Beobachter der Finsterniß von 1868, Dr. H. Vogel aus Berlin, der einen englischen Expedition an, die aus Norman Lockyer, Roscoe u. A. bestand.

Leider wurden die Beobachtungen zum größten Theil durch die Ungunst der Witterung vereitelt, und die Resultate sind daher nicht so reichhaltig ausgefallen als man erwartet hatte.

Die officielle englische Expedition unter Pater Perry, die

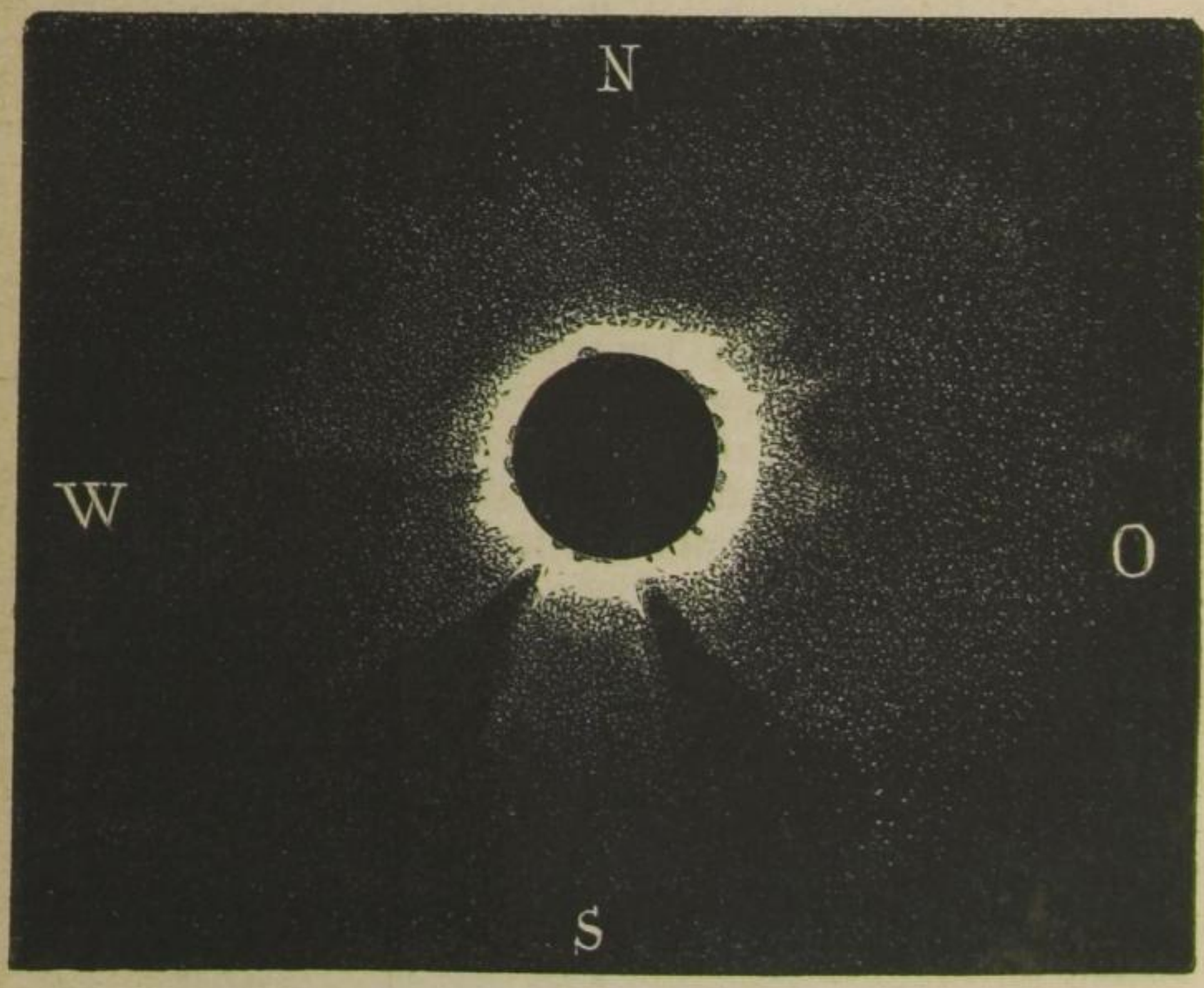
bei Cadix beobachtete, constatirte einige helle Linien im Spektrum der Corona und überzeugte sich auch davon, daß dieses Licht polarisirt sei.

Einer Privatexpedition des Lord Lindsay gelang es, während die Sonne auf kurze Zeit das Gewölk durchbrach, zwei Zeichnungen der Corona und sieben Photographien zu gewinnen.

Auch amerikanischer Seits gelang es bei Cadix, die Corona aufzunehmen.

Auf Sicilien wurden in Syrakus von der englischen Expedition schöne Aufnahmen der Corona gemacht, und unsere Figur zeigt uns eine Copie davon. Sehr deutlich erkennt man

Fig. 3.



die eigenthümliche, auch dem bloßen Auge auffällige Strahlenbildung; ebenso bemerkt man eine Menge Protuberanzen rings um den Rand der Sonne.

Beobachtungen der Finsterniß auf dem Gipfel des Aetna, welche auf Lockyer's Wunsch von Roscoe, Abbott, Sylvestri und Vogel versucht wurden, konnten nicht ausgeführt werden, da während der Totalität ein heftiger Sturm mit Hagel wüthete. Ebenso wurden die Arbeiten in Catania vereitelt.

In Augusta konnte eine italienische Expedition unter P. Secchi nur während der zweiten Hälfte der Totalität photographische Aufnahmen machen, weil die Wolken hinderlich waren. P. Denza, der Director des Observatoriums von Moncalieri, beobachtete im Spektrum der Corona zwei helle Linien, die eine in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie E, die andere zwischen Gelb und Grün; eine genauere Bestimmung war nicht möglich.

Secchi erwähnt in seinem Berichte noch mehrere interessante Einzelheiten; „Ein oder zwei Minuten nach der Totalität befestigte ich mein Spektroskop an das große Caucheix'sche Fernrohr, mit dem die photographischen Aufnahmen gemacht worden waren und richtete es auf die äußersten Spitzen der Sonnensichel. Das Spektrum war sehr discontinuirlich. Anfangs vermuthete ich irgend eine Störung, aber dies war nicht der Fall: die Discontinuität war sehr beträchtlich, trotzdem daß der Spalt ziemlich weit war, denn es sollte die Form der Protuberanzen beobachtet werden . . . Einige Minuten nachher, als die Sichel breiter geworden, war diese Discontinuität verschwunden. Diese Beobachtung scheint von großer Wichtigkeit und eröffnet uns einen neuen Einblick in die Constitution des Sonnenrandes. Nobile hat in Terranova eine ähnliche Wahrnehmung gemacht." Wie de Gasparis mittheilt, hat Nobile bei Beobachtung der Hörner des Mondes mit dem Spektroskop die Zahl der Protuberanzlinien in dem Maße zunehmen sehen, wie die Finsterniß fortschritt.

Secchi gedenkt dann noch der „fliegenden Schatten", die in dem Augenblicke erschienen, als die Mondsichel auf eine zarte Lichtlinie reducirt war. Wie Secchi auf seiner Rückreise erfuhr, wurden dieselben selbst in Messina beobachtet, wo die Finsterniß gar nicht total war. Sie glitten an weißen Mauern aufwärts und schwebten übers Meer hin. Auf Mauern erschienen sie 10—12 Centimeter breit, weiß und schwarz, wellenförmig; auf dem Meere schien ihre Breite $1\frac{1}{2}$ Meter zu betragen.

Ihre Bewegung war sehr merklich, was den Eindruck machte, als wenn die Erde sich drehte.

Nach de Gasparis hat man auch an verschiedenen Orten eine merkliche Abnahme der magnetischen Declination zur Zeit der Totalität beobachtet, eine Aenderung, die nicht durch bloße Temperaturverminderung zu erklären sei.

Sind auch die Resultate der letzten Sonnenfinsterniß-Beobachtungen nicht so reichhaltig, als man gehofft hatte, so darf man aus denselben doch den Schluß ziehen, daß die Corona wirklich etwas zur Sonne Gehöriges, eine besondere Hülle derselben ist, die sich auf weite Entfernung hin erstreckt.

Ehe wir unseren Bericht über die neuesten Forschungen über die Beschaffenheit der Sonne schließen, wollen wir unsere Leser noch auf das im vorigen Jahre erschienene Werk des Pater Secchi*) aufmerksam machen, welches eine treffliche Uebersicht über die bisherigen Beobachtungen des Centralkörpers unseres Planetensystemes und die daraus gewonnenen Resultate mit besonderer Berücksichtigung der eigenen Arbeiten des Verfassers giebt.

Der Mond.

Wie im vorigen Jahrgange dieses Jahrb. erwähnt wurde, hat der amerikanische Astronom S. Newcomb die von Hansen begründete Ansicht, daß der Schwerpunkt des Mondes ungefähr 59 Kilometer weiter von uns entfernt liege, als der Mittelpunkt desselben, in Zweifel gezogen und aus einem Berichte Delaunay's über die Newcomb'sche Arbeit ergiebt sich, daß dieser französische Akademiker sich der Meinung des amerikanischen Astronomen anschließt, ja derselbe hält es für angemessen, in der Sitzung der Akademie vom 10. Januar 1870 noch nachträglich die Bedenken mitzutheilen, die ihm schon früher gegen die Hansen'schen Theorie aufgestoßen sind. Hansen ist die

*) Le Soleil. Exposé des principales découvertes modernes sur la structure de cet astre, son influence dans l'univers et ses relations avec les autres corps célestes, par le P. A. Secchi, S. J. — Paris, 1870. Gauthier-Villars. Eine deutsche Bearbeitung von Schellen erscheint bei Westermann in Braunschweig.

Antwort hierauf nicht schuldig geblieben und in einer der k. sächs. Gesellsch. der Wissensch. am 11. Febr. d. J. überreichten Arbeit „Ueber die Figur des Mondes" hat er die Grundlosigkeit der Newcomb'schen Einwürfe nachgewiesen. Dem französischen Akademiker, welcher annimmt, daß der Mond durch allmälige Erkaltung vom flüssigen in den festen Zustand übergegangen sei und daß in Folge dessen seine Oberfläche nur wenig verschieden sei von der Gleichgewichtsfläche, welche durch den Wasserspiegel bestimmt wird, ruft er insbesondere die Resultate zweier früheren verdienstvollen Mitglieder der französischen Akademie rücksichtlich der Gestalt des Mondes ins Gedächtniß; es sind dies Lagrange und Laplace, von denen der letztgenannte an mehreren Stellen seiner Mécanique céleste ausdrücklich hervorhebt, daß der Mond nicht homogen ist und eine andere Gestalt hat als die der Gleichgewichtsfläche, die er beim Uebergang aus einen ursprünglich flüssigen Zustande hätte annehmen müssen.

Im 3. Jahrg. dieses Jahrb. (S. 20) ist das Verschwinden des Mondkraters Linné erwähnt worden. Bei späteren Beobachtungen der betreffenden Gegend der Mondoberfläche hat man an der Stelle des früheren Kraters nur eine weiße Fläche mit einem kreisrunden Loche in der Mitte gesehen (Jahrg. IV, S. 14). Eine neuere Bebachtung hierüber hat John Birmingham in Tuam, Irland, im vor. J. gemacht, der in den „Astron. Nachr." Folgendes berichtet: „Am 6. Juni, als der Terminator (die Schattengrenze) bei der Grenze des Mare Serenitatis und des M. Putredinis war, sah ich eine breite, seichte Vertiefung im Linné, der wie gewöhnlich, unter ähnlichen Umständen, nur als eine weiße Fläche erscheint. Obgleich die Luft sehr unruhig war, war doch die Beobachtung völlig genau und ließ mich vermuthen, daß ein ausgedehntes Herabsenken rings um den kleinen inneren Krater stattgefunden hat."

Helligkeitsmessungen von Fixsternen auf der südlichen Halbkugel.

Von Dr. R. Engelmann aus Leipzig sind im August 1868, als er sich zur Beobachtung der großen Sonnenfinsterniß in Vorderindien aufhielt, einige Beobachtungen über die

Helligkeit verschiedener helleren Fixsterne der südlichen Halbkugel angestellt worden, die schon deshalb von Interesse sind, weil unsere Kenntniß der Helligkeit südlicher Sterne fast nur auf den Messungen beruht, welche Sir John Herschel in den Jahren 1834—38 am Cap der guten Hoffnung angestellt hat. Dabei bediente sich der letztere eines eigenthümlichen Astrometers, das im Wesentlichen aus einer kleinen Convexlinse von 0,12 Zoll engl. Oeffnung und 0,2253 Zoll Brennweite bestand. Mit dieser Linse verschaffte sich Herschel einen künstlichen Stern, indem er beispielsweise ein Mondbildchen erzeugte, das wegen seiner Kleinheit vollkommen sternartig erschien. Dieses Bild betrachtete er nun aus einer gewissen Entfernung, so daß es dieselbe Helligkeit hatte, wie ein Fixstern. Um nun die Helligkeiten zweier Sterne zu vergleichen, war es nur nöthig beide in der gedachten Weise mit dem Mondbildchen zu vergleichen. Nach einem bekannten physikalischen Satze müssen sich dann die Lichtstärken der beiden Sterne umgekehrt wie die Quadrate der gemessenen Entfernungen verhalten. Z. B. wurde am 3. April 1836 Abd. 11 Uhr 45 M. bei α des südl. Kreuzes die Entfernung 88, 95, 90 und 91 Zoll engl., also im Mittel 96, bei α im Centauren aber die Entfernung 61 Zoll beobachtet, woraus folgt daß die Helligkeiten beider Sterne sich wie 61. 61 zu 96. 96 oder wie 1 zu 2,47 verhalten. Engelmann dagegen hat seine Beobachtungen mit einem Astrophotometer Zöllner'scher Construction angestellt, über welches Instrument wir schon früher in diesem Jahrbuche bei Besprechung von Zöllners „Astrophotometrie" (Jahrg. 2, S. 22. u. f.) das Wesentlichste berichtet haben.

Nachstehend sind die von Engelmann gewonnenen Resultate nebst den Herschel'schen angegeben. Vorausgeschickt werden mag noch die Lage der beiden vorderindischen Beobachtungsstationen:

Mulwar:	4 St.	9 Min.	46,0 Sec.			östl. v. Berlin.
	16°	34′	46″,0	±	1″,6	nördl. Breite;
Bijapur:	4 St.	9 Min.	40,0 Sec.			östl. v. Berlin
	16°	49′	0″,2	±	10″,1	nördl. Breite.

Helligkeit einiger Sterne der südlichen Himmelshalbkugel.

Name des Sternes	Helligkeit nach Engelmann	Helligkeit nach Herschel	Größe n. Herschel
α Centaur	2.095	3.820	0.47
α Adler	1.407	1.337	1.31
α Eridanus	1.340	1.683	1.01
α Skorpion	1.221	1.543	1.22
Fomalhaut	1.000	1.000	1.50
α Stier	0.902	—	—
λ Skorpion	0.686	0.733	1.87
α Kranich	0.646	0.646	1.85
ε "	0.628	—	3.97
ε Skorpion	0.534	0.394	2.70
β Kranich	0.523	0.527	2.32
β Walfisch	0.497	0.465	2.45
σ Schlangenträger	0.495	0.443	2.46
ε "	0.462	0.538	2.25
α Pfau	0.461	0.535	2.30
ϑ Skorpion	0.384	0.607	2.19
γ Pegasus	0.358	—	—
α Phönix	0.348	0.385	2.75
α Altar	0.342	—	3.40
ζ Schütze	0.315	—	3.01
α Indianer	0.299	—	3.69
κ Skorpion	0.285	—	2.91
γ Kranich	0.272	—	3.66
δ Wassermann	0.251	—	5.80

Wie man sieht, stimmen die Engelmann'schen Bestimmungen der Helligkeit gut überein mit den Herschel'schen, nur bei α des Centauren zeigt sich eine beträchtliche Abweichung, die zum größten Theile von den außerordentlich tiefen Stand dieses Sternes im Mulwar herrühren dürfte.

Außerdem hat Engelmann noch an Bord des Dampfers „Sumatra" im Indischen Ocean Schätzungen der Helligkeit einer Reihe kleinerer Sterne vorgenommen (Astron. Nachr. No. 1828).

Spektroskopische Untersuchung von Fixsternen.

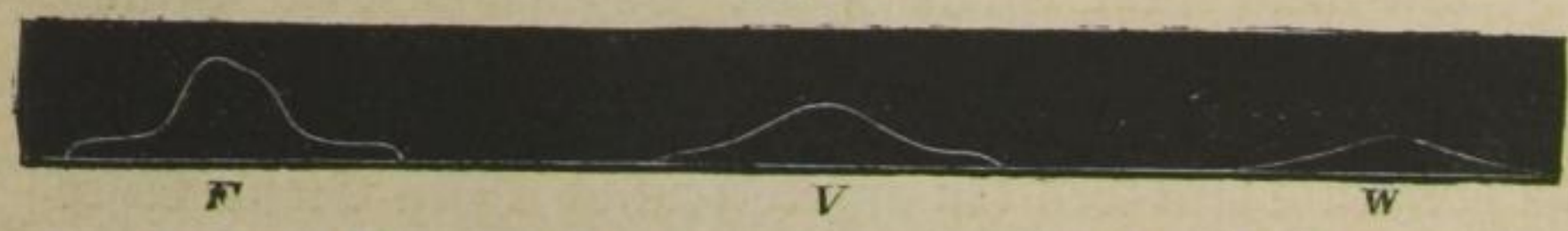
Wie bereits in früheren Jahrgängen dieses Jahrbuches erwähnt, hat Pater Secchi auf Grund seiner Untersuchungen der Spektra der Fixsterne vier Typen der letzteren unterschieden.

Der erste Typus enthält weiße Sterne, wie Sirius, Wega u. a., deren Spektrum dunkle, dem Wasserstoff entsprechende Linien zeigt. Im Spektrum des zweiten Typus, wozu Pollux, Capella, unsere Sonne u. a. gehören, sind zarte dunkle Linien vorhanden. Der dritte Typus, rothe und orangefarbene Sterne, wie Beteigeuze, α Herkules enthaltend, zeigt in seinem Spektrum acht bis zehn säulenartige Gruppen, von abwechselnd hell und dunkeln Bändern getheilt. Die vierte Gruppe endlich, die kleine rothe Sterne umfaßt, ist durch drei helle, nach dem Violett hin abnehmende Zonen im Roth, Grün und Blau charakterisirt. (S. Jahrg. IV dieses Jahrb., S. 24 u. f.; V, S. 59; VI, S. 47 u. f.)

Neuerdings hat Secchi diese Untersuchungen mit Anwendung eines großen Prismas von Merz (Durchm. 16 Centimeter und brechender Wirbel ungefähr 12°), das er vor das Objectiv stellte, weiter fortgesetzt und ist dabei zu folgenden bemerkenswerthen Resultaten gelangt.

Die Wasserstofflinien des Sirius zeigen eine merkliche Verbreiterung, was auf einen hohen Druck des Gases hinzuweisen scheint. Auch eine große Anzahl anderer Sterne des ersten Typus, wie α Schlangenträger, die Sterne im Großen Bären, α Adler, α Leier ꝛc, zeigen diese Eigenthümlichkeit. Die Breite und Intensität der drei Linien, welche sich bei α Leier im Blau und Violett befinden, wird durch folgende Figur

Fig. 4.



dargestellt. W ist sehr breit und verwaschen, F besser begrenzt; W ist übrigens im Wasserstoff gewöhnlich schwer wahrzunehmen. Es ist bemerkenswerth, daß die Ordnung dieser Verbreiterungen mit denjenigen übereinstimmt, die man im directen Spektrum des Gases selbst je nach Verschiedenheit des Druckes wahrgenommen hat. Die Linie C ist wegen des Mangels an Licht im äußersten Roth schwer zu unterscheiden.

Am interessantesten erscheint aber das Spektrum des dritten und vierten Typus.

Beim dritten Typus scheint in Wirklichkeit eine Ueberei-

nanderlagerung zweier Spektra stattzufinden: das eine besteht aus den metallischen Linien, welche dem zweiten Typus eigenthümlich sind, nur sind sie etwas breiter in Folge der dickeren Dampfschicht, durch welche die Strahlen gegangen sind, ungefähr so wie bei den Flecken unserer Sonne; das andere besteht aus breiten Streifen, darunter sieben oder acht Hauptstreifen. Als Typus erscheint α Herkules. Das zweite Spektrum ist bei den verschiedenen Sternen ziemlich verschieden entwickelt: bei Aldebaran ist es kaum wahrnehmbar, bei Antares, α Arion, β Pegasus u. a. sehr stark.

Durch Prüfung von Sternen des zweiten und dritten Typus gewann Secchi die Ueberzeugung, daß die Verbreiterung der Linien im Spektrum des ersten Typus nicht von einem Fehler des Instrumentes herrührte, denn trotz der starken Lichtbrechnng erschienen die metallischen Linien scharf begrenzt. Besonders schön zeigte sich dies beim Antares, und namentlich bei den Eisen- und Magensiumlinien im Grün. Nur die Linien D erschienen diffus und schlecht begränzt, so daß sie nur schwer zu trennen waren.

Was α Herkules betrifft, so konnte auch bei sehr günstigen atmosphärischen Verhältnissen keine Spur von Auflöslichkeit der säulenartigen Gruppen entdeckt werden, obwohl sie nach der weniger brechbaren Seite des Spektrums hin sehr scharf begrenzt waren. Ungeachtet der starken Vergrößerungen, welche angewandt wurden, konnte man doch keine secundären Linien wahrnehmen, sondern blos eine Unregelmäßigkeit in der Lichtintensität der Säulen. Wenn an einigen Abenden bei schwacher Zerstreuung eine Spur von Auflösbarkeit vorhanden schien, so kam dies wohl blos daher, daß weniger lebhafte Streifen sich als Linien präsentirten. Etwas Aehnliches findet auch bei den Banden oder Zonen der Planeten z. B. des Jupiter statt, die bei schwacher Vergrößerung sehr scharf begrenzt erscheinen, während kräftigere Instrumente ihre Ränder verwaschen zeigen. Jedenfalls zeigt die stärkere Vergrößerung hier die Wahrheit besser, denn diese Zonen können keine scharfen Grenzen wie feste Körper besitzen.

Von den Sternen des vierten Typus wurde namentlich der schöne Stern 6ter Größe im Großen Bären, Rectascension 12 St. 38 Min. 30 Sec. und Declination + 46° 13′ näher

studirt, wobei die oben vorgetragene Theorie Bestätigung fand. Dieser Stern giebt ein aus drei Hauptzonen gebildetes Spektrum, welche bei schwacher Vergrößerung von hellen Linien durchfurcht erscheinen; mit dem großen Prisma dagegen lösten sich diese Linien in glänzende Bänder mit undeutlich begrenzten Rändern auf. Die Lichtintensität der mittelsten Zone läßt sich z. B. durch die nachstehende Curve darstellen.

Fig. 5.

Schon früher hat Secchi darauf aufmerksam gemacht, daß dieses Spektrum dem des elektrischen Funkens im Benzindampf analog ist; auch dieses läßt sich nicht wie die Spektra der Metalle, in feine Linien zerlegen.

Weiter gehende Schlüsse aus diesen Thatsachen zu ziehen, hält Secchi zwar noch nicht für zulässig; allein er glaubt sich von den Thatsachen nicht weit zu entfernen, wenn er annimmt daß die Atmosphäre der Sterne des dritten und namentlich des vierten Typus anders zusammengesetzt sind, als die unserer Sonne und daß namentlich die Temperatur derselben eine hinlänglich niedrige sein muß, um Spektra zu geben, wie sie bei Gasen bei niedriger Temperatur verkommen.

Das Newall-Teleskop.

Im vorigen Jahr ist aus der Werkstatt von T. Cooke u. Sohn in York ein Refractor hervorgegangen, der alle bisher construirten an Größe übertrifft. Dieses Riesenfernrohr wurde auf Bestellung des Telegraphenkabel-Fabrikanten R. S. Newall in Gateshead gefertigt und zunächst auf dessen Besitzung zu Fern Deal aufgestellt, um dort genauer geprüft zu werden; später soll es seine Aufstellung in einem günstigeren Klima, wie es heißt auf Madeira erhalten.

Die allgemeine Anordnung des Instrumentes ist die eines Aequatoriales. Die Gesammtlänge des Rohres beträgt 9,75 Meter (32 Fuß engl.), seine Gestalt ist cigarrenförmig, der

Durchmesser in der Mitte beträgt 0,863 Meter (34 Zoll) und am Objectiv 0,686 M. (27 Zoll). Das Rohr ist aus Stahlblech genietet und der Länge nach aus 5 Stücken zusammengesetzt, welche mittels Flanschen mit einander verschraubt sind. Die Bleche des mittleren Stückes haben wenig über 3 Millimeter (1/8 Zoll), die übrigen blos die halbe Stärke, um das Gewicht der Enden soviel als möglich zu reduciren und Biegungen zu vermeiden. Innerhalb des äußeren Rohres befinden sich 5 Röhren von Zink, die vom Ocular nach dem Objectiv am Durchmesser zunehmen. Jede folgende Röhre überragt die vorhergehende engere mit einem ringförmigen Zwischenraume von ungefähr 25 Millim. (1 Zoll), um eine Ventilation der Röhren zu bewerkstelligen. Die Zinkröhren dienen zugleich als Diaphragmen.

Das Objektiv hat nahezu 0,635 Meter (25 Zoll) Oeffnung und 0,736 Meter (29 Zoll) Brennweite. Um alle Biegungen in Folge ungleichen Druckes der Fassung zu vermeiden, ist die Linse nur an drei Punkten mit der Fassung in Berührung; zwischen je zweien dieser drei Punkte sind drei Hebel mit Gegengewichten an einer Gegenfassung angebracht, welche direct auf die Linse wirken, so daß deren Gewicht sich auf zwölf Unterstützungspunkte ziemlich gleichmäßig vertheilt.

Am Ocularende des Rohres sind zwei Sucher mit 0,1 Meter (4 Zoll) Oeffnung und dazwischen ein Teleskop mit 0,165 M. (6 1/2 Zoll) Oeffnung angebracht; letzteres dient für solche Objekte, zu deren Beobachtung sich das große Rohr nicht eignet.

Das Instrument steht auf einem gußeisernen vertikalen Pfeiler von 8,836 Meter (29 Fuß) Höhe, dessen unterer Durchmesser ungefähr 1,8 Meter (5 3/4 Fuß mißt. Das auf ihm angebrachte Lager für die Polarachse wiegt gegen 24 Centner. Das Gewicht des ganzen Instrumentes beträgt an 180 Centner.

Am obern Ende des eisernen Pfeilers ist ein Uhrwerk angebracht, das theilweise in der innern Höhlung des Pfeilers Platz findet. Dasselbe dient zur Drehung des Instrumentes um die Polarachse und ist von verhältnißmäsig kleinen Dimensionen, da das ganze Instrument so gut balancirt ist, daß eine geringe Kraft schon hinreichend ist, um durch die Tangential-

schraube an dem 2,1 Meter (7 Fuß) Durchmesser haltenden Triebrade der Polarachse die Aequatorialdrehung zu bewirken.

Der Stundenkreis von 0,66 Meter (26 Zoll) Durchmesser und der Declinationskreis von 0,965 Meter (38 Zoll) Durchmesser, sowie auch die Mikrometer sollen durch Geißler'sche Röhren beleuchtet werden.

Der Längenunterschied zwischen Europa und Nordamerika.

Schon seit Ende der dreißiger Jahre hat man sich eifrig bemüht, den Längenunterschied zwischen der Sternwarte in Greenwich und dem Marine-Observatorium in Washington zu ermitteln.

Da an dem westlich gelegenen von 2 Orten, deren geographische Längen um 15° verschieden sind, die Uhr gerade um eine Stunde nachgeht gegen die des östlich liegenden, so hat man zur Bestimmung des Längenunterschiedes zweier Punkte auf der Erde nur nöthig, die Uhren an diesen Punkten mit einander zu vergleichen.

Dies kann auf verschiedene Weise geschehen.

Man kann an beiden Orten ein und dasselbe Ereigniß beobachten, von dem man weiß, daß es genau in demselben Momente sichtbar ist, und an genau gehenden Uhren die Ortszeit ablesen. Solche Erscheinungen sind Mondfinsternisse, sowie auch die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten. Für kleinere Entfernungen bedient man sich auch künstlicher Signale, die man durch Entzünden kleiner Quantitäten Pulver zur Nachtzeit giebt. Zweckmäßiger ist noch die Anwendung des Gauß'schen Heliotrops, mittels dessen man das Sonnenlicht von der einen nach der andern Station hin reflectirt; das plötzliche Verdecken dieses Lichtzeichens giebt das Signal ab.

Statt solcher Phänomene, die man an beiden Orten in demselben Momente wahrnimmt, kann man zur Bestimmung der Längendifferenz auch Erscheinungen benutzen, die zwar nicht zu derselben Zeit wahrgenommen werden, die man aber durch Rechnung auf denselben Zeitpunkt reduciren kann. Dahin gehören Bedeckungen von Fixsternen und Planeten durch den Mond, Sonnenfinsternisse und Vorübergänge des Merkur oder der Venus vor der Sonnenscheibe.

Ein anderes Mittel besteht in der Uebertragung einer genau die Ortszeit angebenden Uhr von einer Station zu der andern und unmittelbarer Vergleichung der Uhren beider Stationen. Da indessen die Uhren beim Transporte ihren Gang immer mehr oder weniger ändern, so muß man bei solchen Chronometerexpeditionen soviel Uhren als möglich von dem einen Orte zum andern übertragen, um durch das Mittel aus allen einzelnen Beobachtungen den Längenunterschied zuverlässig zu erhalten. Die Bestimmung der Länge zur See — Berechnung der Ortszeit aus astronomischen Beobachtungen und Vergleichung derselben mit der Angabe eines zuverlässigen, die Zeit des Abgangshafens angebenden Chronometers — kommt im Wesen auf dieselbe Methode hinaus.

Alle diese Methoden sind früher benutzt worden, um den Längenunterschied zwischen Washington und Greenwich zu bestimmen und gestützt auf diese Beobachtungen haben Walker Peirce, Newcomb, Bond ihre Rechnungen ausgeführt. Als zuverlässigstes Resultat nahm man seit 1859 an, daß die Marinesternwarte zu Washington

5 Stunden 8 Min. 11,8 Sec.

westlich von Greenwich liege.

Die sicherste Methode der Längenbestimmung konnte aber zwischen Amerika und Europa erst seit dem Jahre 1866, nach erfolgreicher Auslegung des atlantischen Kabels, in Anwendung kommen. Es bietet nämlich der elektrische Telegraph das bequemste Mittel zur genauen Bestimmung des Längenunterschiedes zweier Orte. Um diese Methode zu verstehen, darf man sich nur daran erinnern, daß der elektrische Strom selbst lange Drahtleitungen in einer verschwindend kurzen Zeit durchläuft; wird also mit dem elektrischen Telegraphen ein Zeichen gegeben, so giebt die Differenz der beiden Uhrzeiten, der Abgangszeit auf der ersten und der Ankunftszeit auf der zweiten Station, ohne weiteres den Längenunterschied beider Stationen in Zeit. Zur genauen Messung der Zeiten wendet man Chronographen an (s. Jahrg. IV dieses Jahrb. S. 71 u. f.).

Der erste Gedanke, den elektrischen Telegraphen zu Längenbestimmungen zu verwenden, rührt von Gauß her, der im Jahre 1839 auf dieses Hilfsmittel aufmerksam machte. Aber erst 1844 wurden durch Kapitän Wilkes die ersten rohen

Versuche gemacht, denen bald darauf genauere von der Commission der Nordamerikanischen Küstenvermessung folgten. In den Jahren 1845 bis 1849 wurden dann die Längenunterschiede zwischen den Sternwarten von Philadelphia, Washington, Jersey-City u. a. ermittelt. Man nennt daher diese Methode der Längenbestimmung gewöhnlich die amerikanische; auch hat der Amerikaner Mitchell das erste Instrument zum Registrirung der Beobachtungen vollendet. In Europa sind die Längenbestimmungen zwischen Greenwich und Paris, Greenwich und Brüssel, Berlin und Frankfurt a. M., Stockholm und Upsala, Berlin und Königsberg, Berlin und Brüssel wohl die ersten, die — von 1853 an — nach dieser Methode ausgeführt worden sind.

Bald nach Vollendung des atlantischen Kabels hat man nun dieses auch von der Küstenvermessung der Vereinigten Staaten benutzt, um den Längenunterschied zwischen Greenwich und Washington zu ermitteln, und der Astronom B. A. Gould hat den Bericht über diese Messungen kürzlich veröffentlicht (The transatlantic longitude as determined by the coast survey expedition of 1866. Smithsonian Contributions to Knowledge, Vol. XVI). Es wurde dabei nicht blos der Längenunterschied der beidem Endpunkte des Kabels, Foilhommerum in Irland und Hearts Content auf Newfoundland bestimmt, sondern dieselben wurden auch noch mit den englischen und amerikanischen Sternwarten verbunden.

Den Zeitunterschied zwischen Foilhommerum und Hearts Content fanden Gould und seine Mitarbeiter gleich

2 St. 51 M. 56,54 Sec.,

den zwischen Foilhommerum und Greenwich gleich

0 St. 41 M. 33,29 Sec.,

den zwischen Hearts Content und Calais in Maine gleich

0 St. 55 M. 37,72 Sec.,

sodaß der Gesammtunterschied zwischen Greenwich und Calais

4 St. 29 M. 7,55 Sec.

beträgt. Nun kennt man die Längenunterschiede

Calais-Cambridge (Massachussets)	= 0 St.	15 M.	23,3 Sc.
Cambridge-Newyork	= 0 „	11 „	26,07 „
Newyork-Washington	= 0 „	12 „	15,47 „
also Calais-Washington	= 0 „	39 „	4,48 „

Für die Marinesternwarte in Washington ergab sich also die Länge von

5 St. 8 M. 12,39 Sec. = 77° 3′ 5″,85

westl. von Greenwich, ein Resultat, welches bis auf etwa 1/2 Zeitsecunde oder ungefähr 9 Bogensecunden mit der früheren Bestimmung übereinstimmt.

Die Linie des Datumwechsels auf der Erde.

Dieser Gegenstand soll hier zur Sprache gebracht werden, weil das, was darüber feststeht, in weiteren Kreisen weniger bekannt zu sein scheint; enthalten doch die meisten der gangbaren Lehrbücher der Geographie, trotzdem daß sie einen kurzen Abriß der mathematischen Geographie bieten, nur äußerst wenig darüber. Deßhalb erscheint es angemessen, wenn das Jahrbuch dazu beiträgt, einer über diesen Gegenstand veröffentlichten Arbeit des Prof. Heis in Münster (Wochenschr. f. Astronomie. Jahrg. 1868, No. 48) eine größere Verbreitung zu verschaffen.

Alle Orte unter einem und demselben Meridiane haben in demselben Augenblicke Mittag, ihre Uhren stimmen genau überein. Dies ist beispielsweise annähernd der Fall in Rom, Venedig, Leipzig (größte Zeitdifferenz Rom-Venedig = 28 Sec.); in Cairo, Odessa und St. Petersburg (Differenz Cairo-Petersburg = 3 4/5 Min.) u. s. w.

Zwei Orte dagegen, deren geographische Längen um einen Grad verschieden sind, haben einen Zeitunterschied von 4 Minuten, und dem Längenunterschiede von einer Bogenminute entspricht ein Zeitunterschied von einer Secunde, und zwar geht die Uhr des östlichen Ortes stets vor. Wenn beispielsweise in Warschau Mittag ist, so ist in St. Petersburg 37 Minuten nach Mittag, in Jekatarinenburg 2 1/2 Uhr, am Ausflusse des Jenissei 4 1/2 und an der Mündung der Lena 6 1/2 Uhr Nachmittags, in der Behringstraße aber schon 11 Uhr Nachts.

Aber nicht nur ein Unterschied in der Uhrzeit stellt sich mit Verschiedenheit der Länge ein, sondern auch das Datum und der Wochentag können andere werden. Wenn z. B. in Leipzig Sonnabend der 15. Juli 1871 beginnt, so hat man in Paris noch Freitag den 14. Juli Nachts 11 Uhr 20 Min. und in Lissabon 10 Uhr 34 Min., in Newyork aber 6 1/4 Uhr

Nachmittags u. s. w., dagegen hat man zu derselben Zeit in Constantinopel schon Sonnabend den 15. Juli Nachts 1 Uhr 6 Min. und in Calcutta früh 5 Uhr 4 Min.

Nehmen wir an, es sei in Berlin der 15. Juli Mittags 12 Uhr und gehen wir im Geiste weiter nach Osten, etwa auf demselben Parallelkreise, so treffen wir auf Punkte, an denen der Mittag schon vorüber ist, wo man also schon Nachmittag oder Nacht hat, und wenn wir bis 180° östlich von Berlin fortgehen, so treffen wir auf einen Punkt, für welchen der Zeitunterschied gerade 12 Stunden beträgt, an welchem es also Mitternacht ist, und zwar müssen wir nach unserer Betrachtung annehmen, daß an diesem Orte der 16. Juli beginnt. Begeben wir uns aber von Berlin aus nach Westen, so treffen wir auf Punkte, an denen man noch Vormittag (15. Juli) hat, und 180° westlich muß nach dieser Anschauung der Sache der 15. Juli beginnen. Man kommt aber offenbar, wenn man auf demselben Parallelkreise um 180° weiter geht, zu demselben Punkte, mag man nun nach Ost oder West gehen. Es ergeben sich also für diesen Punkt zwei Zeitbestimmungen, welche gerade um 24 Stunden differiren. Da nun der betreffende Ort doch nur einen bestimmten Wochentag und ein Datum hat, so muß es auf dem Parallelkreise, und so auf jedem Parallelkreise, eine Stelle geben, wo Datum und Wochentag wechseln, so daß zwei in geringer Entfernung gelegene Orte, die nahezu gleiche Uhrzeit besitzen, doch um einen Wochentag und um einen Tag im Datum von einander abweichen in ihrer Zeitrechnung.

Von Wichtigkeit erscheint die Sache für den Seefahrer. Geht ein Schiff von einem Hafen aus und segelt es von Ost nach West um die Erde herum, also in der Richtung der Sonne, so wird man an Bord desselben eine Culmination der Sonne weniger beobachten, als im Abgangshafen, gerade ebenso wie der kleine Zeiger einer Uhr im Laufe von 12 Stunden blos elfmal von den großen eingeholt wird, während dieser über jeden Punkt des Zifferblattes zwölfmal hinweggeht. Die Folge davon muß sein, daß das Schiff, wenn es von Osten her wieder an seinen Abgangshafen kommt, um einen ganzen Tag in der Zeitrechnung zurück ist. Diese Erfahrung machten zuerst Elcano und seine Gefährten, als sie Donnerstag den

10. Juli 1522 mit der „Victoria", dem letzten übrig gebliebenen Schiffe von der Magalhaës'schen Expedition an der capverdischen Insel Santiago landeten, während sie nach der Schiffsrechnung erst Mittwoch den 9. Juli hatten. Als nach der Rückkehr der ersten Weltumsegler nach Spanien der venetianische Gesandte Contarini die richtige Erklärung für den „verlorenen Tag" fand, hielt man dieselbe nicht einmal allgemein für stichhaltig und machte sich vielfach über dieselbe lustig. Indessen hat schon zweihundert Jahre früher der arabische Gelehrte Abulfeda (1273—1331) die Erscheinung mit den Worten vorausgesagt: „Stellen wir uns vor, daß zwei Personen eine Reise um die Erde zurückgelegt hätten, so wird bei der Rückkehr zum gemeinsamen Ausgangspunkte, der eine, der gegen Westen zog, einen Tag zu wenig, der andere, der gegen Osten zog, einen Tag zu viel zählen."

Soll nun ein Schiff nach einer Reise um die Erde in seiner Zeitrechnung mit dem Abgangshafen übereinstimmen, so ist dies nicht anders möglich, als wenn, falls die Reise nach Westen geht, unterwegs ein Wochen- und Monatstag ausgeworfen, falls aber die Fahrt nach Osten gerichtet ist, ein Wochen- oder Monatstag zweimal gezählt wird.

Bei den Seefahrern ist es gebräuchlich, diese Correctur beim Ueberschreiten des 180. Grades von Greenwich anzubringen. Kommt beispielsweise ein Schiff von Osten her und passirt es den genannten Meridian Sonnabend den 15. Juli, so wird man am nächsten Tage Montag den 17. Juli zählen, sodaß Sonntag der 16. Juli im Schiffsjonrnale gar nicht existirt. Kommt das Schiff aber aus der entgegengesetzten Richtung, so hat der nächste Tag auch die Bezeichnung Sonnabend den 15. Juli, und das Schiffsjournal enthält dann hinter einander die Tage Freitag 14. Juli, Sonnabend 15. (I) Juli, Sonnabend 15. (II) Juli, Sonntag 16. Juli.

Welchen Wochen- und Monatstag aber ein von Europa entfernter Ort hat, an welchem die christliche Zeitrechnung eingeführt ist, das hängt davon ab, ob er die europäische Cultur von Osten oder von Westen her empfangen hat. So hat beispielsweise ganz Amerika mit Ausnahme des nordwestlichen Theiles von Osten her, über den Atlantischen Ocean, sein Datum erhalten; der nordwestliche Theil aber ist von Sibirien

aus, also von Westen her, besetzt worden. Daher kam es, daß man in dem ehemaligen russischen Nordamerika ein anderes Datum und einen andern Wochentag hatte, als im übrigen Amerika, in jenem war schon Sonnabend, wenn man hier noch Freitag hatte. Da außerdem in den russischen Besitzungen der julianische Kalender Geltung hatte, welcher um 12 Tage gegen den gregorianischen zurück ist, so differirte das Datum in russisch Amerika und Canada nicht blos um einen, sondern um elf Tage; wenn man also dort Montag 20. October 1858 schrieb, hatte man in Canada schon Sonntag 31. October. Seit 1867 ist indessen das ehemalige russische Amerika unter dem Namen Aljaska in den Besitz der Vereinigten Staaten übergegangen und seitdem ist dort die im übrigen Amerika übliche Zeitrechnung eingeführt worden.

Die Portugiesen und Holländer fuhren bei ihren Entdeckungsreisen ums Cap der Guten Hoffnung und kamen daher von Westen in den Großen Ocean, während die Spanier den umgekehrten Weg um Südamerika herum einschlugen. Daher kommt es, daß die von den Spaniern besetzten Inseln um einen Tag zurück sind in der Zeitrechnung gegen die Besitzungen der Portugiesen und Holländer. Dies bemerkt man beispielsweise in der Nähe der Molukken, wo Spanier und Portugiesen Nachbarn sind. Der portugiesische Ort Macao an der chinesischen Küste zählt z. B. einen Tag mehr als die nur 1/2 Stunde Längendifferenz weiter östlich gelegene Insel Luzon. Dies erfuhr seiner Zeit zu seinem großen Befremden der Pater Alphonsus Sanctius, der von Manilla auf Luzon nach Macao reiste, wo er seiner Meinung nach am Tage des heiligen Athanasius, 2. Mai, ankam, bei seiner Landung aber fand, daß die portugiesischen Geistlichen schon das Fest der Kreuz-Erfindung, 3. Mai, feierten.

Die Linie, welche die Oerter auf der Erde scheidet, die verschiedenes Datum und verschiedene Wochentage haben, ist auf dem beifolgenden, der Heis'schen Arbeit entlehnten Kärtchen verzeichnet. Sie geht, vom Südpol kommend, auf der Ostseite von Neu-Seeland, den Hebriden, Neu-Guinea vorüber, läßt dann die Philippinen östlich, Celebes und Borneo, sowie weiter im Norden Formosa und die japanesischen Inseln westlich liegen und geht durch die Behringsstraße dem Nordpole zu. Wenn

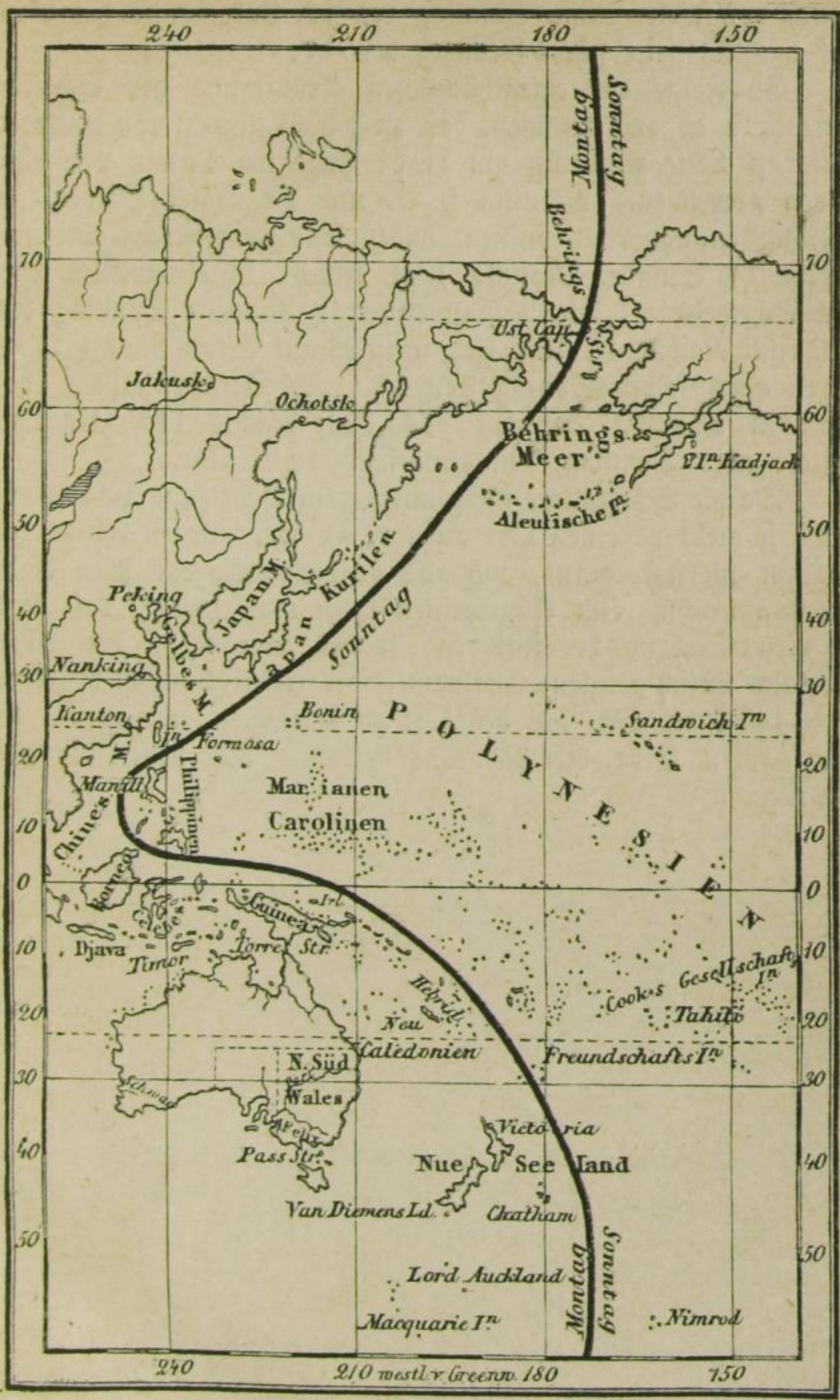


Fig. 6. Die Linie des Datumwechsels auf der Erde.

östlich von dieser Linie Sonntag der 16. Juli ist, so hat man auf der Westseite schon Montag den 17.

In Folge der eigenthümlichen Krümmung der Scheidelinie kann es auch kommen, daß zwei nicht zu weit von einander entfernte Orte zeitweilig um zwei Tage im Datum von einander abweichen. Manilla z. B. und die Insel Gilolo (im Nordwesten von Neu-Guinea) haben eine Zeitdifferenz von ungefähr $1/2$ Stunde, Manilla liegt östlich, Gilolo westlich von der Scheidelinie. Wenn man daher in Manilla Sonntag den 16. Juli Nachts 11 Uhr hat, so ist es auf Gilolo Nachts $11\,1/2$ Uhr, aber schon Montag den 17.; $3/4$ Stunden später hat man in Manilla Sonntag, 16. Juli Nachts $11\,3/4$ Uhr, in Gilolo aber Dienstag, 18. Juli früh $12\,1/4$ Uhr.

Da die Scheidelinie nicht mit einem Meridiane zusammenfällt, so giebt es einen Ort auf ihr, an welchem ein bestimmtes Datum zuerst beginnt, wo also beispielsweise das neue Jahr zuerst anbricht. Im Allgemeinen kann man sagen, daß dies in Neu-Seeland der Fall ist, speciell aber ist die von Neu-Seeland östlich gelegene Chatham-Insel (etwa 200° ö. v. Ferro und 44° südl. Br.) als der Ort zu bezeichnen, wo zuerst auf der ganzen Erde die Mitternachtsstunde des neuen Jahres eintritt.

II.

Physik und Meteorologie.

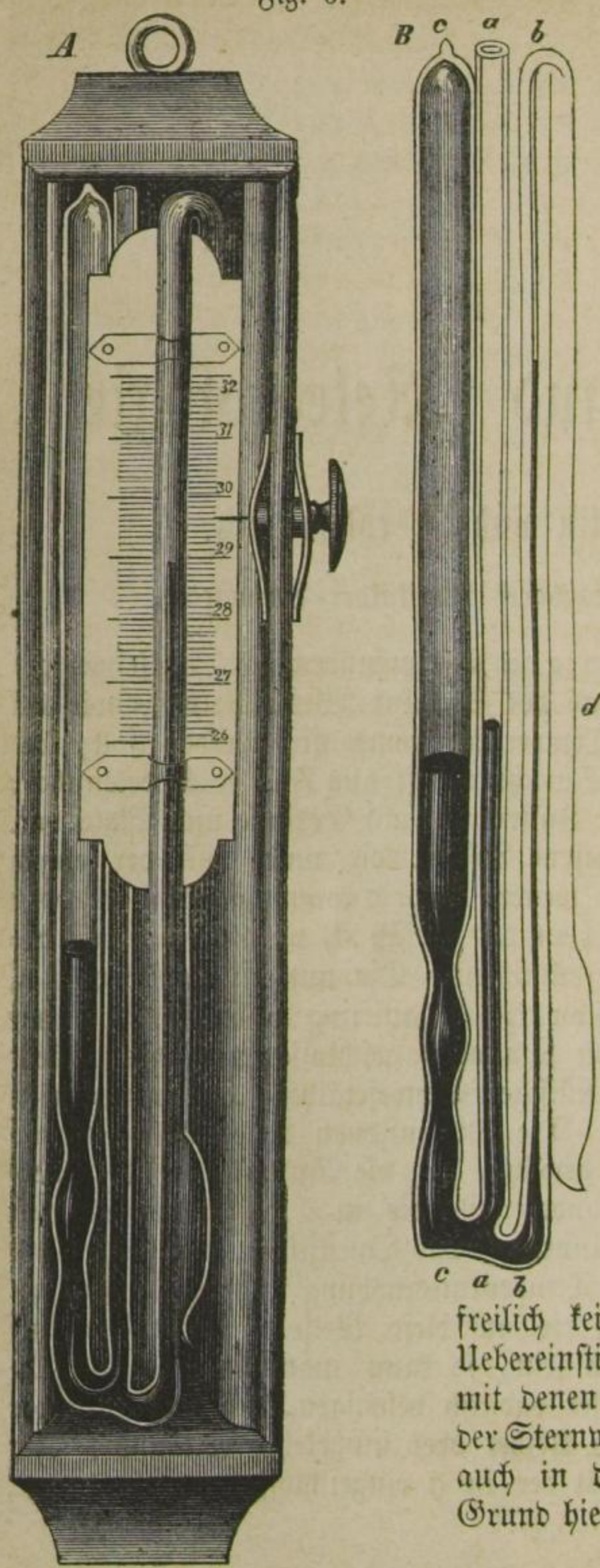
Aërostatik und Aërodynamik.

Ein neues tragbares Quecksilber-Barometer,

welches J. A. Calantarients erfunden hat, ist seiner geringen Dimensionen und der Art und Weise halber, wie bei ihm der Einfluß der Temperatur compensirt werden soll, bemerkenswerth. Seine Einrichtung ist aus Fig. 6 B erkennbar, A stellt das vollständige Instrument mit Gehäuse und Skala vor.

a ist eine oben offene Röhre, die unten mit der engen Röhre b und mit dem weitern Rohr c communicirt; b ist oben umgebogen und mündet in das Gefäß d, welches mit Luft gefüllt ist, die etwas verdünnt ist. Die unteren Theile von a, b und c, soweit die schwarze Schattirung andeutet, sind mit Quecksilber gefüllt. In dem oben geschlossenen Rohre c steht über dem Quecksilber flüssiger Schwefeläther, der den ganzen oberen Theil ausfüllt. Die Dimensionen dieses Raumes und des Gefäßes d sind so gewählt, daß die Einflüsse, welche einerseits der Aether und andererseits die in d eingeschlossene Luft im entgegengesetzten Sinne auf das Quecksilber ausüben, wenn sie sich in Folge einer Temperaturerhöhung ausdehnen, sich gerade aufheben. Sollte die auf diese Weise erlangte Compensation nicht vollkommen sein, so kann man nach der Angabe des Erfinders den Fehler dadurch beseitigen, daß man entweder in c Quecksilber gegen Aether oder umgekehrt vertauscht, oder daß man die Quantität der in d eingeschlossenen Luft ändert.

Fig. 6.



Die Verengerungen am untern Theile von c sollen beim horizontalen Niederlegen des Instrumentes das Ausfließen von Aether verhindern.

Da über dem Quecksilber kein luftleerer Raum sich befindet, so ist natürlich die Steighöhe viel unbedeutender, als bei einem gewöhnlichen Barometer, und die Dimensionen des Instrumentes können daher sehr klein genommen werden, nicht ganz 2mal so groß als unsere Abbildung.

Eine vom Director des Kew-Observatoriums, Balfour Stewart, mit einem derartigen von Newcombe und Comp. in London gefertigten Instrumente vorgenommene Prüfung hat freilich keine ganz befriedigende Uebereinstimmung seiner Angaben mit denen des Normalbarometers der Sternwarte gegeben; es scheint auch in der That, als sei der Grund hiervon nicht, wie der Er-

finder meint, allein in der „Sorglosigkeit der Verfertiger oder vielmehr desjenigen, der die Skala prüfte und anbrachte", zu suchen.

Aneroid-Barometer.

Diese Barometer, bei denen die Aenderungen, welche der Druck der Atmosphäre in der Form einer luftleeren Büchse hervorbringt, auf eine Skala übertragen werden, deren Einrichtung sonach auf demselben Principe beruht, wie die der Federmanometer, kommen ihrer handlichen Form und bequemen Transportfähigkeit wegen in neuerer Zeit auf Reisen und bei Bergbesteigungen vielfach in Anwendung. Ueber ihre Zuverlässigkeit bestehen indessen noch manche Zweifel.

Vom Interesse sind in dieser Hinsicht die Versuche, welche vor einiger Zeit von Balfour Stewart rücksichtlich der Einflüsse, die sich bei einem Aneroid geltend machen, angestellt worden sind. Einen solchen Einfluß üben

1. die Zeit, indem mit ihr die constante Differenz zwischen den Angaben des Aneroids und eines Normalbarometers sich ändert;
2. die Temperatur und
3. die Aenderungen des Druckes.

Rücksichtlich der Einwirkung der Zeit erwähnt Stewart nur, daß ein vom Capitän Henry Toynbee mehrere Jahre hindurch auf seinen Reisen benutztes Aneroid im Juli 1860 eine Correction von + 0,64 Mm., im September 1862 + 0,30 Mm., im März 1864 + 0,51 Mm. hatte, also sich sehr constant zeigte. Carl in München führt in seinem Bericht über die Stewart'sche Arbeit eine Beobachtungsreihe an, bei welcher die Correction eines Aneroides in der Zeit vom 20. Januar bis 8. April 1870 von 7,20 bis auf 18,28 Millim., und zwar ziemlich regelmäßig wuchs.

Der Einfluß der Temperatur ist bei besseren Aneroiden gewöhnlich compensirt und Stewart fand bei 6 von ihm untersuchten, von englischen Mechanikern gefertigten Aneroiden, in dieser Hinsicht befriedigende Resultate.

Zur Untersuchung des Einflusses der Druckveränderungen wurden der Reihe nach 10 Aneroide unter die Recipienten der

Luftpumpe gebracht, dann wurde alle 10 Min. Luft ausgepumpt, so daß sich der Druck um einen Zoll engl. verminderte; bei dem geringsten auf diese Weise hergestellten Drucke von 19 Zoll (533 Mm.) blieb das Aneroid 1½ Stunde lang unter dem Recipienten stehen. Aus den so erhaltenen Resultaten schließt Stewart, daß ein gut construirtes Aneroid größerer Gattung bis zu einem Drucke von 24 Zoll (610 Mm.) herab sich nicht viel von der Warheit entferne, daß es aber unter dieser Grenze beträchtlich tiefer zeigt, als ein Quecksilberbarometer; daß ferner Aneroide kleinerer Gattung (2 Zoll im Durchmesser) weniger Vertrauen verdienen und wahrscheinlich unter 26 Zoll (660 Mm.) keine zuverlässigen Angaben mehr liefern. Uebrigens waren die Correctionen vor und nach dem geringsten Drucke ziemlich verschieden; bei 29 Zoll standen die Aneroide nach der größten Luftverdünnung um 5,18 Mm., bei 28 Zoll um 5,92 Mm. tiefer als zuvor. Bei Besteigung größerer Höhen werden daher die Ablesungen, die man beim Herabsteigen macht, kleiner ausfallen, als die beim Hinaufsteigen, auch wenn in Wirklichkeit der Luftdruck sich nicht geändert hat. Die Messung von Berghöhen wird daher mit dem Aneroid nicht mit großer Sicherheit auszuführen sein.

Der letztere Fehler soll nicht vorhanden sein bei dem Aneroid, welches der Züricher Mechaniker J. Goldschmid schon seit einer Reihe von Jahren gefertigt, aber erst im vorigen Jahre im Jahrb. des schweiz. Alpenklubs näher beschrieben hat. Nach Goldschmids Ansicht sind die meisten Fehler der Aneroide in der Art und Weise, wie die Bewegung der luftleeren Büchse auf die Skala des Instrumentes übertragen wird, begründet. Deshalb hat er den complicirten Uebertragungsmechanismus ganz beseitigt und statt dessen eine einfache Mikrometerschraube in Verbindung mit zwei Hebeln in Anwendung gebracht.

Das Goldschmid'sche Instrument ist in Fig. 7 dargestellt: aa ist das cylindrische Gehäuse, über welches sich der in 100 Theile getheilte Kreis b horizontal drehen läßt; eine Mikrometerschraube ist im Innern mit demselben verbunden und unten wirkt er auf zwei Hebelarme, deren Enden e und e' in dem Schlitze dd' von außen sichtbar sind. Jeder der letzteren hat einen feinen horizontalen Strich und diese Striche dienen als

Indices für die auf Elfenbein angebrachte Skala fb'. Zur genauern Ablesung ist die Lupe g angebracht, sie kann mittels des Trägers h weiter oder weniger weit herausgeschraubt und beliebig um i gedreht werden.

Fig. 7.

Die Einstellung des Instrumentes erfolgt nun in der Weise, daß man dasselbe mit der linken Hand in der Höhe des Auges horizontal hält und mit der rechten Hand den Theilkreis so lange dreht, bis beide Indices coincidiren. Steht ursprünglich der rechtsliegende Index e' tiefer als der linksliegende, so muß man in Richtung des in der Figur angegebenen Pfeiles drehen; stehen dagegen die Indices entgegengesetzt, so muß auch die Drehungsrichtung die entgegengesetzte werden.

Die Ablesung erfolgt theils auf der Skala fb', theils auf dem Theilkreise b, unterhalb dessen der Inderstrich c angebracht ist. Auf fb' liest man die Hunderte, auf b die Zehner und Einer ab. Diese Ablesungen muß man aber mittels einer empirisch angefertigten, dem Instrumente beigegebenen Skala noch in Millimeter der gewöhnlichen Quecksilberbarometer-Skala umwandeln, wenn solches wünschenswerth erscheint.

Auf eine neue, eigenthümliche Verwendung des Aneroides hat der österreichische Vice-Admiral von Wüllerstorf-Urbair aufmerksam gemacht. Schon im Jahr 1867 hat er darauf hingewiesen, daß man durch vergleichende Beobachtungen an einem Quecksilber- und an einem Aneroid-Barometer die Zunahme der Schwerkraft vom Aequator aus nach den Polen finden könne. Bei dem Quecksilberbarometer wirkt nämlich die Aenderung in der Intensität der Schwere auf die Luftsäule und das Quecksilber in ganz gleicher Weise, und da ein solches Barometer mit einer Wage verglichen werden kann, von welcher die Luftsäule die Last, die Quecksilbersäule aber das Gewicht repräsentirt, so wird die erwähnte Aenderung der Schwerkraft keine

Veränderung in der Angabe des Barometers bewirken. Anders ist es beim Aneroid, wo der Druck der Luft durch Federkraft gemessen wird; jener ändert sich mit der Schwerkraft, diese bleibt ungeändert. Wenn daher für eine bestimmte Breite die Angaben eines Aneroides mit denen eines Quecksilberbarometers übereinstimmen, so wird dies für eine andere Breite in Folge der Verschiedenheit der Schwerkraft in verschiedenen Breiten nicht mehr der Fall sein können. Umgekehrt wird man aus den beobachteten Abweichungen der Angaben beider Instrumente einen Schluß auf die Aenderungen der Schwerkraft machen können.

In einer im vorigen Jahre der Wiener Akademie mitgetheilten Abhandlung hat Wüllerstorf diesen Gedanken wieder aufgenommen und eine Reihe von Aneroidbeobachtungen mitgetheilt, welche in den Jahren 1857 und 1858 an Bord der Fregatte „Novara" angestellt worden sind. Aus der Vergleichung derselben mit den gleichzeitigen Beobachtungen des Quecksilberbarometers, die schon früher in dem meteorologischen Theile des Novarawerkes veröffentlicht worden sind, hat Wüllerstorf für die Zunahme der Schwerkraft vom Aequator nach den Polen Werthe berechnet, die sehr gut mit der Zahl 0,005133 übereinstimmen, welche Airy aus Pendelbeobachtungen abgeleitet hat. Aus 248 Beobachtungen im Atlantischen Ocean folgt nämlich der Werth 0,0051161 und aus 161 Beobachtungen im Indischen Ocean ergiebt sich 0,0050312. Doch ist die letztere Zahl als weniger zuverlässig anzusehen, weil das Aneroid während eines Sturmes zu Boden fiel, also wahrscheinlich eine Aenderung seines Indexfehlers erlitten hat. Uebrigens sind die Beobachtungen ursprünglich zu einem anderen Zwecke angestellt worden und können kaum volles Vertrauen beanspruchen, wenn es sich um die Bestimmung der Gestalt der Erde handelt; sie zeigen aber, daß das Aneroid zu diesem Zwecke brauchbar ist, sind also wohl geeignet, die Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen Welt auf diese Methode zu lenken, um so mehr, als solche Beobachtungen sich überall, namentlich auch an Bord eines Schiffes, leicht anstellen lassen.

Ein Barometer ohne Quecksilber,

aber auf einem andern Principe beruhend, als das Aneroid, ist neuerdings von A. Heller in Ofen angegeben worden.

An den Enden eines Wagebalkens sind zwei an Gewicht nahezu gleiche, an Volumen aber sehr verschiedene Körper, eine hohle Kugel und ein massiver Cylinder festgeschraubt. Außerdem trägt das eine Ende des Wagebalkens rechtwinklig gegen dessen Achse einen Spiegel, und in einiger Entfernung von dem Apparate ist ein Fernrohr mit einer vertikalen Skala aufgestellt.

Da ein jeder Körper in der atmosphärischen Luft einen Auftrieb erleidet, der gleich ist dem Volumen der von ihm verdrängten Luft, so muß bei einer Aenderung der Luftdichtigkeit auch der Neigungswinkel des Wagebalkens gegen den Horizont sich ändern, und wenn man durch das Fernrohr nach dem Spiegel sieht, so wird man einen andern Theilstrich der Skala erblicken, als vorher.

Da die in Anwendung gebrachte Poggendorff-Gauß'sche Spiegelablesung große Genauigkeit gestattet und da das Instrument außerdem frei ist von den Uebelständen, die sich bei Quecksilberbarometern in Folge der Bildung von Quecksilberdämpfen in der Torricelli'schen Leere, der Oxydation des Quecksilbers ꝛc. einstellen, so kann dasselbe bei sorgfältiger Anfertigung wohl als ein zuverlässiger und empfindlicher Luftdruckmesser dienen. Uebrigens ist dasselbe nur eine Vervollkommnung des von Otto von Guericke construirten „Dasymeters" oder „Manometers", dessen Beschreibung dieser im J. 1661 dem gelehrten Jesuiten Caspar Schott in Würzburg mittheilte. Am Ende eines empfindlichen Wagebalkens war eine kupferne, etwa einen Fuß im Durchmesser haltende, luftleer gemachte Kugel aufgehängt, die durch ein am andern Ende des Balkens befindliches Gewicht im Gleichgewicht erhalten wurde. Wurde nun die umgebende Luft dichter, so ging die Kugel in die Höhe, wurde die Luft dünner, so senkte sich die Kugel. Dieselbe Einrichtung gab auch später Boyle seinem statischen Barometer. Bringt man an diesem Apparate noch die Spiegelablesung an, so hat man die Einrichtung des Heller'schen Instrumentes.

Barometrisches Höhenmessen.

Ueber diesen Gegenstand hat im vorigen Jahre Rich. Rühlmann eine interessante Arbeit veröffentlicht. (Die barometrischen Höhenmessungen nebst ihrer Bedeutung für die Physik der Atmosphäre. Leipzig, J. A. Barth). Wir übergehen an dieser Stelle, was die Schrift an historischen Mittheilungen über den allmäligen Ausbau der Methode des Höhenmessens mit dem Barometer und über die Ableitung der betreffenden Formel enthält und führen nur das Interessanteste aus den meteorologischen Ergebnissen derselben an. Diese Resultate sind abgeleitet theils aus Beobachtungen, welche der Verfasser im Jahre 1864 mit Dr. Albrecht auf dem Valtenberge und zu Neunkirch in Sachsen anstellte, zwei Stationen, deren Höhendifferenz durch ein sorgfältiges Nivellement gleich 869 Pariser Fuß (282,3 Meter) gefunden wurde, theils aus sechsjährigen Mitteln der meteorologischen Beobachtungen, welche unter Plantamour's Leitung in Genf und auf dem großen St. Bernhard angestellt worden. Der Höhenunterschied der beiden letzten Stationen beträgt nach Plantamour's Nivellement 2070 Meter.

Die Hauptergebnisse selbst sind folgende.

Die aus Barometer- und Thermometerbeobachtungen abgeleiteten Höhen ergeben sich im Allgemeinen für die Tagesbeobachtungen wesentlich größer als für die nächtlichen. Sie erreichen ihren größten Werth kurz vor der Zeit der höchsten Tagestemperatur, also meist gegen 1 Uhr Nachmittags, sinken rasch während des Nachmittags, langsamer während der Nacht, und erreichen ihren kleinsten Werth nahe um dieselbe Zeit, wo auch die Temperatur am niedrigsten ist. Von dem Minimum aus erfolgt dann die Zunahme sehr rasch bis gegen Mittag.

Diese tägliche Periode zeigt sich indessen deutlich nur an Tagen, an denen bei nahezu wolkenlosem Himmel eine regelmäßige Bestrahlung durch die Sonne bei Tage und eine ungestörte Ausstrahlung der Wärme des Erdbodens gegen den kalten Himmelsraum zur Nachtzeit stattfindet. An trüben oder windigen Tagen vermindert sich die Amplitude dieser Periode bedeutend, ohne aber ganz zu verschwinden. Ihre Größe ist

auch von localen Verhältnissen sehr abhängig; sie scheint besonders an Orten, wo die Aus- und Einstrahlungsfähigkeit des Bodens für Wärme groß, die Wärmecapacität desselben aber gering ist, sehr merklich aufzutreten.

Uebrigens ist diese tägliche Periode schon lange bekannt, namentlich hat sie schon Saussure bei seinen Beobachtungen am Col de Géant bemerkt. Ramond hat zuerst auf ihre Wichtigkeit aufmerksam gemacht, und seitdem ist sie mehrfach von Horner, Kämtz, Martins, Bravais, Bauernfeind, Plantamour, Moritz in Betracht gezogen worden, während andere bedeutende Forscher, wie Bessel, Kreil, Erman ihren Einfluß unterschätzt haben. Bauernfeind hat auch zuerst mit Bestimmtheit den Satz ausgesprochen, daß die Wärmestrahlung des Bodens, d. h. bestimmter ausgedrückt der Einfluß derselben auf die Angaben unserer Thermometer, die Hauptursache der täglichen Höhenperiode ist. Für die Würdigung der Temperaturbeobachtungen unserer meteorologischen Stationen ergiebt sich daraus, daß diese nicht die wahre Lufttemperatur angeben können, sondern daß dieselben durch die Bodenstrahlung wesentlich modificirt werden. In dem Rühlmann'schen Buche ist dieser Punkt weiter besprochen worden.

Noch mag rücksichtlich der täglichen Periode die Bemerkung Platz finden, daß mehrfach ungefähr 2 bis 3 Stunden vor dem Minimum ein kleines relatives Maximum angedeutet scheint, ohne indessen immer unzweifelhaft hervorzutreten.

Die tägliche Amplitude ist sehr verschieden in den verschiedenen Monaten, am größten in den Sommermonaten, am kleinsten im December.

Für den Höhenunterschied Genf--St. Bernhard = 2070 Meter beträgt z. B. die tägliche Schwankung der berechneten Höhen im Juli 40 Meter oder 1,9 Proc., im December dagegen 13 Meter oder 0,6 Proc.

Die aus Tages- und Monatsmitteln berechneten Höhen zeigen auch eine jährliche Periode, im Winter sind sie zu klein, im Sommer zu groß.

Die Belege für diese Sätze findet man in der nachstehenden kleinen Tabelle, welche die Abweichungen der berechneten Höhen vom wahren Höhenunterschiede = 2070 Meter für die

Stationen Genf und St. Bernhard von zwei zu zwei Stunden, von Mittags (0 Uhr) an gezählt, in Metern angiebt.

	Dec.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
0	− 6.2	− 0.8	+ 9.7	+17.8	+22.0	+21.4	+26.8	+29.9	+25.3	+17.0	+ 4.0	+ 3.1
2	− 3.8	− 1.5	+ 7.7	+17.2	+22.[illegible]	+21.3	+27.1	+29.1	+26.2	+17.1	+ 4.6	+ 1.7
4	− 9.5	−10.8	+ 0,7	+10.0	+17.9	+15.2	+22.3	+23.7	+19.7	+10.7	− 1.5	− 6.1
6	−13.3	−14.2	− 9.5	− 9.0	+ 4.3	+ 5.3	+12.6	+14.2	+ 9.1	+ 0.5	− 8.8	−11.3
8	−15.2	−16.5	−13.4	− 6.0	− 5.0	− 3.3	− 3.1	+ 4.0	− 1.2	− 5.9	−13.2	−13.5
10	−16.5	−18.2	−17.1	− 8.2	−10.0	− 7.6	− 1.0	− 1.7	− 4.6	−11.0	−15.9	−15.1
12	−17.3	−19.9	−27.2	−11.1	−13.4	−10.8	− 4.6	− 6.0	− 7.8	−13.1	−18.1	−15.4
14	−17.0	−19.7	−29.3	−13.2	−17.3	−15.0	− 8.9	−10.7	−12.3	−17.7	−20.6	−15.0
16	−16.9	−18.5	−30.1	−14.6	−19.8	−15.7	− 9.1	−10.8	−15.3	−18.7	−22.1	−14.7
18	−17.3	−18.9	−29.2	−11.6	−13.8	− 8.1	− 1.8	− 3.0	− 8.4	−13.8	−18.2	−12.5
20	−16.8	−18.4	−20.6	− 0.8	+ 5.1	+ 7.7	+12.6	+13.7	+ 8.4	+ 0.1	−11.3	− 3.4
22	− 9.9	−11.5	− 0.1	+12.0	+17.4	+17.6	+12.8	+24.8	+20.4	+11.2	− 1.0	− 9.7

Die Mittel aus den täglichen Oscillationen sind

Dec.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
−13.3	−14.0	−8.8	−0.8	+0.9	+2.4	+8.5	+9.0	+5.0	+2.0	+10.2	+9.7

Die Jahresmittel der meteorologischen Beobachtungen geben Höhen, die von den wahren Werthen sich nur wenig entfernen. Von den Monatsmitteln giebt der März einen ziemlich richtigen Werth.

Aus der vorstehenden Tabelle ist überdies ersichtlich, daß die jährliche Amplitude der Monatsmittel weniger bedeutend ist, als die der täglichen Schwankungen.

Akustik.

Im fünften Jahrgange dieses Jahrbuches haben wir verschiedene neuere

Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Röhren

besprochen; als Ergänzung dieser Mittheilungen sind die von Adolf Seebeck über denselben Gegenstand angestellten Versuche zu erwähnen.

Seebeck bediente sich eines sogenannten Interferenzrohres. Am Ende eines Glasrohres war eine Stimmgabel angebracht, die durch Anschlagen in Schwingungen versetzt wurde; diese pflanzten sich in der Luft der Röhre fort bis zu einem von der andern Seite her eingeschobenen Kolben, von welchem sie reflec-

tirt wurden, worauf die reflectirten mit den ursprünglichen Wellen zur Interferenz kamen und auf diese Weise stehende Schwingungen erzeugten. Die Bäuche des so erhaltenen Wellenzuges mußten natürlich um ungerade, die Knoten dagegen um gerade Vielfache einer Viertelwellenlänge vom Kolben entfernt liegen. Um nun die Lage derselben und damit die Größe der Wellenlänge beobachten zu können, war ziemlich am vorderen Ende des Rohres seitlich ein Kautschukrohr angesetzt, dessen Ende der Beobachter in sein rechtes Ohr einführte, während er das linke mit einem Siegellackpfropfen geschlossen hielt. Nachdem nun die Stimmgabel in Schwingungen versetzt worden war, wurde die Stellung des Kolbens derart geändert, daß der Beobachter durch das Zweigrohr ein Minimum der Tonstärke wahrnahm. Dann mußte an der Ansatzstelle ein Bauch liegen, d. h. es mußte hier ein Maximum der Bewegung, aber ein Minimum der Druckveränderungen stattfinden, denn die Schwingungen des Trommelfelles im Ohre müssen von Druckveränderungen abhängen, da dasselbe nur von einer Seite freiliegt. Man sieht, daß man nur die Entfernung zwischen der Ansatzstelle des Zweigrohres und dem Kolben zu messen braucht, um die Viertelwellenlänge zu erhalten; multiplicirt man dann das Vierfache dieses Werthes mit der Schwingungszahl des Tones, so ergiebt sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles innerhalb der Röhre.

Durch diese Versuche wurde nun die schon von anderer Seite entdeckte Thatsache, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Röhren geringer ist, als im unbegrenzten Raume, aufs Neue bestätigt, und zwar zeigte sich diese Geschwindigkeit von folgenden Umständen abhängig.

1. Von der Beschaffenheit der innern Oberfläche der Röhre. In einer Glasröhre von 17,5 Millim. Durchmesser betrug für den Ton $g^1 = 384$ Schwingungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit 329,86 Meter; als aber die Innenwand mit Kupferblech ausgelegt wurde, sank die Geschwindigkeit auf 328,11 Meter.

2. Von der Größe des Querschnittes derart, daß der Verlust an Geschwindigkeit — wenigstens in engen Röhren — umgekehrt proportionel dem

Röhrendurchmesser ist. So betrug z. B. für den Ton g^1 in einer Röhre vom

Durchmesser von 3,4 Millm.; 9,0 Millm.; 17,5 Millm.; 29,0 Millm.
die Fortpflzgsgeschw. 318,66 M.; 327,68 M.; 329,86 M.; 326,72 M.

Wenn man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in freier Luft 332,77 Millm. setzt, so ergeben sich die Verminderungen

13,91 M., 5,09 M., 2,91 M., 6,05 M.,

wo der bedeutende, dem Gesetz sich nicht fügende Werth für die letzte Röhre auffällt.

3. Von der Höhe des Tones, und zwar ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit für tiefe Töne geringer, als für hohe. Es betrug z. B. bei den Seebeck'schen Versuchen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in einer 17,5 Millim. weiten Glasröhre für den Ton

$c^1 = 256$ Schwing., $e^1 = 320$ Schwg., $g^1 = 384$ Schwing.,
327,82 M., 329,44 M., 329,86 M.,
$c^2 = 512$ Schwing.
330,92 M.

Regnault hat bei seinen früher (Jahrg. V dieses Jahrb. S. 67 u. f.) erwähnten Versuchen eine scheinbar dem obigen Resultate widersprechende Wahrnehmung gemacht. Als nämlich in eine lange Rohrleitung ein Trompetenton hineingeblasen wurde, hörte man am andern Ende erst den Grundton, dann die Oktave, hierauf die Duodecime und später die höheren Obertöne. Indessen zieht Regnault daraus nicht unbedingt den Schluß, daß die tieferen Töne sich rascher fortpflanzen, sondern er läßt noch die Möglichkeit zu, daß das Trommelfell von den tiefern Tönen rascher zum Mitklingen gebracht wird. Aber es giebt noch eine andere Erklärung, die mehr für sich hat. Regnault selbst hat beobachtet, daß mit der Intensität eines Tones auch seine Fortpflanzungsgeschwindigkeit abnimmt. Nun sind schon an sich die Obertöne schwächer als der Grundton, andern-theils muß in Folge der Rauhigkeit der Röhrenwandungen die Intensität der höheren Töne mit kleiner Wellenlänge erheblicher geschwächt werden, als die der tieferen Töne, die eine größere Wellenlänge haben. So ist es wohl erklärlich, daß die Obertöne später gehört werden als der Grundton.

Für die Theorie der Blasinstrumente kann das Resultat,

daß die höheren Töne sich mit anderer Geschwindigkeit in einer Röhre fortpflanzen, als die tiefen, insofern von Wichtigkeit werden, als danach die Obertöne einer schwingenden Luftsäule nicht vollkommen genau den harmonischen Obertönen des Grundtones entsprechen können.

Schließlich mag noch erwähnt werden, daß die Formel, welche Kirchhoff auf theoretischem Wege für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Röhren abgeleitet hat und deren schon früher in diesem Jahrb. gedacht worden ist, den Ergebnissen der Seebeck'schen Arbeit nicht entspricht. Diese Formel verlangt nämlich, daß der Geschwindigkeitsverlust umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Schwingungszahl sei, während nach Seebeck dieser Verlust umgekehrt proportional der $^3/_2$ten Potenz der Schwingungszahl zu sein scheint.

Akustische Anziehung und Abstoßung.

Schon Guyot hat im Jahre 1834 die Wahrnehmung gemacht, daß leichte Körper von einer in Schwingungen versetzten Stimmgabel angezogen werden und daß diese Wirkung sich bis auf eine Entfernung von 9 Linien erstreckt. Aehnliche Beobachtungen hat später auch Guthrie gemacht. Neuerdings aber hat K. H. Schellbach eine Reihe hierher gehöriger Experimente veröffentlicht (Poggend. Ann. Bd. 139 u. 140), aus denen der allgemeine Satz resultirt:

> die Schallschwingungen eines elastischen Mittels ziehen specifisch schwerere Körper nach dem Mittelpunkte der Erschütterung hin und stoßen specifisch leichtere ab.

Zur experimentellen Begründung dieses Satzes wurde ein kleiner, zwei Decimeter hoher Ballon aus Goldschlägerhaut mit atmosphärischer Luft gefüllt und an einem Zwirnfaden aufgehängt. Ein zweiter ebensolcher, mit Wasserstoff gefüllter Ballon war mit Hilfe eines Fadens an einem Tische befestigt, um ihn am Emporsteigen zu verhindern. Sobald man nun eine kleine, auf einem Resonanzkästchen befestigte Stimmgabel in einer Entfernung von ein bis zwei Centimetern von diesen Ballons in Schwingungen versetzte, so näherte sich der erste Ballon bis zur Berührung mit dem Resonanzkästchen, der zweite dagegen wurde

heftig zurückgestoßen. Diese Abstoßung fand auch dann noch statt, wenn der Kopf des Ballons mittels eines Fadens an einem Stative befestigt, der Fuß dagegen mit etwas Wachs, das an einem Faden hing, beschwert wurde, so daß das ganze System das Bestreben hatte, zu sinken.

Von den zahlreichen anderen Versuchen, welche Schellbach aufzählt, mögen hier noch die folgenden Erwähnung finden.

Eine Stimmgabel, welche 512 Schwingungen in der Sekunde machte, wurde an dem einen Ende einer 64 Centimeter langen, in horizontaler Lage befestigten Stimmgabel in Schwingungen versetzt. Eine Lichtflamme, die man vor das andere Ende dieser Röhre brachte, wurde deutlich abgestoßen, an einer leichten Glaskugel oder einer Papierscheibe dagegen nahm man eine starke Anziehung wahr. Noch besser gelangen diese Versuche mit einer größeren Gabel, welche nur die halbe Zahl von Schwingungen machte. Die Scheiben und Kugeln, mit denen diese Versuche angestellt wurden, waren an den Enden einer Messingnadel von ungefähr 2 Decimeter Länge befestigt, die in der Mitte ein Achathütchen trug und sich, wie eine Magnetnadel, leicht um eine vertikale Achse drehen ließ. Man darf diese Nadel nicht zu lang und die Scheiben nicht zu leicht nehmen, weil der Apparat sonst zu empfindlich gegen Luftströmungen wird.

Auch eine gewöhnliche kleinere Magnetnadel, an deren einem Ende man eine Papierscheibe von 4 Centimeter Durchmesser befestigt, während man am andern Ende als Gegengewicht eine kleine Wachskugel anbringt, wird aus einer Entfernung von mehr als einem Decimeter deutlich von der tönenden Scheibe angezogen.

Ein anderer Versuch, der deshalb von Interesse ist, weil hier eine Flamme angezogen, feste Körper dagegen abgestoßen wurden, wurde mit zwei Scheiben von dünnem Spiegelglase von 20 Centimeter Länge und 15 Centimeter Breite angestellt. Dieselben wurden an ein Paar Stativen befestigt und in einer vertikalen Ebene so neben einander aufgestellt, daß zwischen ihnen ein senkrechter Spalt von 15 Millimeter Breite blieb. Ein Decimeter von den Scheiben entfernt wurde das Resonanzkästchen mit der Stimmgabel, die Ebene der Mündung parallel zu den Scheiben, aufgestellt. Eine nahe am Spalte befindliche

Lichtflamme wurde nun von der tönenden Gabel angezogen, sobald sie sich auf der Seite des Kästchens befand, dagegen abgestoßen, wenn sie auf der entgegengesetzten Seite stand; sie wurde also in dem einen, wie in dem anderen Falle von dem Spalte abgelenkt. Gerade entgegengesetzt verhielten sich Streifen aus starkem Kartenpapier von etwa 50 Millimeter Länge und 15 Millimeter Breite, die in einer Entfernung von 5 bis 8 Millimeter vom Spalte aufgehängt wurden: dieselben bewegten sich stets nach dem Spalte hin, wenn man die Stimmgabel in Schwingungen versetzte.

Von großem Interesse ist ferner der folgende Versuch. Von zwei Glasflaschen von je etwa einem Liter Inhalt wurde die eine bis zu etwa zwei Centimeter Höhe über dem Boden mit Ammoniak, die andere aber eben so hoch mit Salzsäure gefüllt. Durch den Korkpfropfen der ersten Flasche ging ein Glasrohr von einem Gasometer bis nahe an den Spiegel der Ammoniakflüssigkeit. Durch diese Röhre wurde aus dem Gasometer ein Strom von atmosphärischer Luft in die erste Flasche geleitet, der sich hier mit Ammoniakgas sättigte und durch ein zweites, durch die Pfropfen beider Flaschen gestecktes Glasrohr weiter in die zweite Flasche ging. In Berührung mit der Salzsäure entstand hier eine dichte Wolke von Salmiak, welche durch ein senkrecht durch den Kork geführtes Glasrohr, dessen obere Oeffnung ungefähr 2 Millimeter Weite hatte, in einem feinen, 2 bis 3 Decimeter hohen Strome in die Luft aufstieg. Nahe an der Mündung des Ausflußrohres stand das Resonanzkästchen mit der Gabel von 256 Schwingungen in der Sekunde. Hatte nun der aufsteigende Strom eine mittlere Geschwindigkeit und brachte man die Gabel ins Tönen, so theilte sich der Strom von der Oeffnung aus in zwei unter einem Winkel von ungefähr 30° divergirende, fast geradlinige Ströme, die in einer vertikalen Ebene lagen, welche rechtwinklig auf der Ebene des Resonanzkästchens stand. Bei größerer Geschwindigkeit des Gasstromes war die Gliederung des durch die Gabelschwingungen modificirten Salmiakstromes weniger deutlich; war aber die Geschwindigkeit des Aufsteigens zu gering, so wurde entweder gar keine Einwirkung der tönenden Gabel, oder eine schwache Abstoßung wahrgenommen.

Die Anwendung von Wasserstoff, Leuchtgas oder Kohlen-

säure an Stelle der atmosphärischen Luft zur Einleitung aus dem Gasometer in die Flaschen änderte nichts Wesentliches an der Erscheinung.

Eine neue optische Methode zur Analyse der Schwingungen tönender Luftsäulen

ist neuerdings von Toepler und Boltzmann in Graz angegeben worden. Schon mehrfach hat man von der stroboskopischen Scheibe Anwendung gemacht, um die einzelnen Phasen einer raschen periodischen Bewegung dem Auge sichtbar zu machen. Nehmen wir eine an ihrem Rande mit schmalen, gleichweit von einander abstehenden Einschnitten versehene Scheibe, bringen das Auge hinter einen dieser Einschnitte und versetzen die Scheibe in Rotation, während das Auge auf eine in Schwingungen begriffene Saite gerichtet ist, so werden wir von einer gewissen Geschwindigkeit an die Schwingungen der Saite deutlich wahrnehmen können. An sich nämlich folgen die Bewegungen der Saite zu rasch auf einander, um wegen der längern Nachwirkung jedes einzelnen Lichteindruckes im Auge genauer verfolgt werden zu können. Wenn man aber die Scheibe genau so rasch dreht, daß zwischen dem Vorübergange eines Spaltes vor dem Auge und dem des nächsten gerade die Dauer einer Oscillation oder eines ganzen Vielfachen derselben liegt, so erblickt das Auge die Saite immer in derselben Phase, der Beobachter wird alsdann gar keine Schwingungen wahrnehmen, die Saite wird ihm ganz ruhig erscheinen. Sobald man aber die Geschwindigkeit der Scheibe nur ein ganz klein Wenig ändert, erblickt das Auge durch die verschiedenen Einschnitte der Scheibe nicht mehr dieselbe Phase der Schwingung, sondern ein Wenig verschiedene Schwingungszustände und in Folge der Nachdauer des Lichteindruckes im Auge kann der Beobachter nun die wechselnden Formen der Saite deutlich verfolgen; und zwar werden die scheinbaren Schwingungen um so langsamer von statten gehen, je mehr das Intervall zwischen den Vorübergängen zweier benachbarten Einschnitte der Scheibe sich einem ganzen Vielfachen der Schwingungsdauer der Saite nähert.

Das gleiche Princip kann auch in der Weise in Anwendung kommen, daß man die oscillirende Saite intermittirend beleuchtet.

Auf diese Art kann man unter Beobachtung der nöthigen Vorsichtsmaßregeln stehende Schwingungen vieler Körper fast beliebig verlangsamt sehen und unter günstigen Verhältnissen ihre Details mit Meßinstrumenten verfolgen, wie jede andere langsame Bewegungserscheinung.

Dasselbe Princip haben nun die genannten beiden Physiker auch in Anwendung gebracht, um die Luftschwingungen in Pfeifen beobachten und damit eine Reihe bis jetzt dem Experimente sehr schwer zugänglicher Fragen — wie z. B. die Intensitäts- und Phasenverhältnisse der Partialtöne eines Pfeifenklanges — der Beobachtung und Messung unterwerfen zu können.

Einem Vorschlage Boltzmann's folgend, wurde von den Strahlen einer intermittirenden Lichtquelle ein Theil durch eine ruhende Luftschicht, der andere Theil aber durch die im obersten Theile einer gedackten Pfeife befindliche, in Schwingung begriffene Luft geschickt. Da hier abwechselnd Verdichtungen und Verdünnungen der Luft eintreten, so werden die durchgehenden Strahlen im Vergleich zu den oberhalb des Pfeifendeckels durch ruhende Luft geleiteten Strahlen bald eine Beschleunigung, bald eine Verzögerung ihrer Schwingungsphase erleiden. Beide Strahlenbündel werden dann durch ein Prisma wieder vereinigt und wegen der Verschiedenheit der Phase bilden sich nun, ganz wie bei den Fresnel'schen Fundamentalversuche, dunkle Interferenzstreifen, sobald zwei Lichtstrahlen von entgegengesetzter — um eine halbe Schwingung differirender — Phase zusammentreffen. In Folge der Schwingungen der Luft in der Pfeife werden diese Interferenzstreifen eine schwingende Bewegung zeigen, welche wegen der Intermittenz der Lichtquelle nach dem stroboskopischen Princip verlangsamt erscheint. Aus der gemessenen Bewegung der Interferenzstreifen läßt sich dann ohne Schwierigkeit die Bewegung der schwingenden Luftsäule berechnen.

Der von Toepler nach diesem Principe construirte Apparat wandte, wie im Vorstehenden bereits angedeutet, den Boltzmann'schen Vorschlag zunächst auf gedackte Pfeifen an. Ein Heliostat lieferte einen horizontalen Lichtbündel, der zunächst durch eine zu regulirende feste Spalte ging und dann auf eine vibrirende Spalte traf, die ihn je nach ihrer Stellung passiren

ließ oder aufhielt. Von hier aus ging dann das Licht nach dem obern Theile der vertikal stehenden gedackten Pfeife, die durch eine ganz dünne, genau eben geschliffene eiserne Deckplatte geschlossen war. Auf beiden Seiten waren Plangläser in die Röhrenwand eingesetzt, so daß sie zur Hälfte unterhalb, zur Hälfte oberhalb der Platte lagen. Durch diese Gläser gingen die Lichtstrahlen, und zwar die eine Hälfte unterhalb, die andere oberhalb der Deckplatte. Damit aber der Phasenunterschied der Strahlen ober- und unterhalb der Deckplatte möglichst bedeutend und dadurch die Bewegung der Interferenzstreifen deutlicher werde, trug man Sorge, daß die Strahlen oftmals zwischen den beiden Glasscheiben hin und her gingen, ehe sie durch die zweite derselben austraten. Zu dem Zwecke hatte man beide Glasplatten auf ihrer äußeren Seite bis auf kleine, auf entgegengesetzten Seiten (vorn und hinten) liegende Segmente mit einer Belegung versehen. Dadurch erreichte man, daß die Strahlen 11 mal die Pfeifendicke (58,5 Millimeter) durchliefen, ehe sie austraten. Nach ihrem Austritte gelangten die Strahlen in ein Interferenzprisma, dessen brechende Kante horizontal in der Ebene der Deckplatte der Pfeife aufgestellt war. Dahinter, 3/4 Meter von der Pfeife entfernt, war eine Lupe aufgestellt, durch welche man die Interferenzstreifen beobachtete.

Von Interesse ist die Einrichtung des vibrirenden Spaltes, auf den das Heliostatenlicht geworfen wird. Toepler bediente sich zur Herstellung dieses Spaltes in ähnlicher Weise wie Helmholtz bei seinem Vocalapparate einer Stimmgabel, welche durch einen intermittirenden elektrischen Strom in Schwingung versetzt und dauernd im oscillirenden Zustande erhalten wurde. Eine Stimmgabel war horizontal — die Zinken über einander — aufgestellt und ihre beiden Zinken dienten als Anker für zwei Elektromagnete, die ober- und unterhalb der Gabel angebracht waren. Wenn diese Elektromagnete belebt wurden, so zogen sie die beiden Zinken der Gabel an und diese gerieth, wenn der magnetische Zustand wieder verschwand, vermöge ihrer Elasticität in Schwingungen. Um aber die letzteren nicht durch den Luftwiderstand abschwächen zu lassen, wurden die Elektromagnete immer wieder aufs Neue belebt und die Zinken wieder angezogen. Die hierzu nöthige Unterbrechung des elektrischen Stromes, der die Elektromagnete umkreist, wurde,

wie dies schon Helmholtz arrangirt hat, durch die eine oscillirende Gabel bewirkt. Der elektrische Strom ging nämlich in ein Gefäß mit Quecksilber und von da durch einen kleinen gebogenen Stift, der an der obern Zinke angebracht war, nach der Stimmgabel und von da weiter nach den Elektromagneten. Sowie nun die obere Zinke der Stimmgabel sich aufwärts bewegte, wurde der erwähnte Stift aus dem Quecksilber gehoben und dadurch der Strom unterbrochen, um gleich darauf beim Abwärtsgehen der Zinke wieder hergestellt zu werden. An dieser Gabel waren noch ein Paar kleine Laufgewichte zur Regulirung der Oscillationsgeschwindigkeit und außerdem an den vorderen Enden ein Paar Platten, jede mit einer horizontalen Spalte versehen, angebracht. Diese Platten standen im Wege des Lichtbündels, welches vom Heliostat kam. In Folge der Oscillationen der Zinken bewegten sich beide Spalten um etwa 5—6 Millimeter auf und ab und kamen dabei momentan über einander zu liegen; dann ging allemal ein Lichtblitz durch sie hindurch und bewirkte auf die besprochene Weise Interferenzerscheinungen. Durch passende Abstimmung der Pfeife nnd der Stimmgabel wurde die stroboskopische Schwingung der Interferenzstreifen bis auf etwa 3—5 Sekunden gebracht.

Die Pfeife selbst wurde mittels eines Doppelgebläses continuirlich angeblasen. Zur Messung der Beobachtung diente ein einfacher elektrischer Chronograph, bestehend aus einem sich abwickelnden Papierstreifen, auf welchem ein mit einem Sekundenpendel in Verbindung stehender Schreibstift die Anfänge der einzelnen Sekunden durch kurze Striche bezeichnete. Ueber diesem Stifte befand sich ein zweiter, der durch elektromagnetische Wirkung gegen die Streifen gedrückt wurde, sobald der Beobachter einen Taster, den er in der Hand hielt, niederdrückte. Der Beobachter that aber das letztere, so oft er die Mitte eines hellen oder dunkeln Interferenzstreifens gerade über der Mitte des Fadenkreuzes in der Beobachtungslupe erblickte. Da bei den Versuchen höchstens fünf dunkle Streifen bei einer Schwingung beobachtet wurden, so konnten die Zeitmomente, in denen Helligkeitsmaxima und Minima durchs Fadenkreuz gingen sehr genau bestimmt werden. Die Ableitung der Schwingungsform selbst aus diesen Beobachtungen muß hier

unterbleiben, dagegen sollen einige von den Resultaten angeführt werden, welche bei Versuchen mit der 0,36 Meter langen Pfeife, deren Schwingungszahl in der Sekunde 181 betrug, gewonnen wurden.

Zunächst wurde die Pfeife nur schwach angeblasen, der Druck betrug blos 40 Millimeter Wassersäule. Es zeigte sich, daß die Dichtigkeitsänderung in der Nähe des oberen Endes der Pfeife sehr nahe das einfache Sinusgesetz befolgte, woraus weiter folgte, daß die Bewegung der Luft in jedem Querschnitte nahezu eine pendelförmige war. Der Unterschied zwischen der größten und kleinsten Dichte der schwingenden Luft betrug im Knoten 0,00888 der normalen Luftdichte oder 0,0124 (ungefähr $^1/_{80}$) Atmosphären. Die totale Verschiebung eines innern Lufttheilchens nahe bei der Mundöffnung war 2,482 Millimeter, in dieser selbst aber wegen der Verengung des Querschnittes 8,116 Millimeter. Die Existenz eines Obertones konnte zwar aus der Abweichung vom Sinusgesetz nicht streng nachgewiesen werden, stellte sich aber doch als wahrscheinlich heraus und zwar führten die Beobachtungen unter der Annahme eines Grundtones und eines ersten Obertones weiter zu dem Ergebnisse, daß bei beiden Maxima und Minima der Dichtigkeit zusammenfielen.

Bei starkem Anblasen — 24 Millimeter Quecksilberdruck am Manometer unter dem Pfeifenhalse — war der erste Oberton sehr deutlich hörbar. Der Anblick, der sich dem Beobachter der Interferenzstreifen bot, war ein sehr merkwürdiger. Die Streifen verharrten nämlich während des weitaus größten Theiles der Schwingungszeit unbeweglich in ihren extremen Lagen und der Uebergang aus der höchsten in die tiefste Lage und umgekehrt erfolgte nach jeder Halbschwingung fast sprungweise; bei genauer Beobachtung ergab sich die Zeit, während welcher die Streifen still standen, 2,52 mal so groß, als die Zeit der Auf- oder Abwärtsbewegung und als die Amplitude und Intensität des ersten Obertones berechnet wurden, so ergab sich die erstere 3,958 mal, die letztere aber 15,665 mal kleiner, als beim Grundtone. Außerdem zeigte es sich noch, daß bei starker Anregung der Pfeife Grundton und erster Oberton sich so zusammensetzten, daß das Verdichtungsmaximum des ersteren mit dem Minimum des zweiten zusammenfiel, also umgekehrt,

wie bei schwachem Anblasen vorausgesetzt werden konnte. Die Dichtigkeitsänderungen in der Pfeife erfolgten jetzt nicht mehr stetig, sondern bestanden aus fast plötzlichen Verdichtungs- und Verdünnungsstößen, was mit einem von Riemann bei seinen Untersuchungen über Luftschwingungen mit endlicher Amplitude gefundenen Resultate in guter Uebereinstimmung ist. Die Schwankung der Luftdichte im Knoten der Pfeife betrug bei diesen Versuchen 0,01887 der normalen Luftdichte = 0,02242 (etwas über $1/55$) Atmosphären, die Totalverschiebung eines Lufttheilchens im Schwingungsbauch = 5,275 Millimeter, in der Mundöffnung der Pfeife = 17,24 Millimeter.

Beim Anblasen mit 30 Millimeter Quecksilberdruck betrug die Schwankung des Luftdruckes im Knoten etwa $1/30$ Atmosphäre. Bei noch stärkerem Anblasen schlug der Ton ganz in den ersten Oberton um.

An diese Beobachtungen haben die beiden Grazer Physiker noch eine interessante Bestimmung der Intensität der Luftbewegung im freien Raume an der Grenze der Hörbarkeit des Schalles geknüpft. Zur directen Bestimmung dieser Intensität ist allerdings das beschriebene Verfahren noch lange nicht empfindlich genug, es wurde deshalb ein indirectes Verfahren angewandt. Sie bliesen nämlich auf einem freien Platze in der Nähe der Stadt ihre Pfeife möglichst genau mit derselben Stärke an, wie bei den ersten Versuchsreihen (40 Millimeter Wasserdruck) und bestimmten dann die Entfernung, in welcher der Ton für ein gutes Ohr unhörbar wurde. Als Mittel aus diesen Versuchen, die zur Hälfte in der Richtung des herrschenden Windes, zur Hälfte gegen dieselbe gemacht wurden, ergab sich 115 Meter. Mittels einer von Helmholtz im Journ. f. d. reine u. angew. Math. veröffentlichten Formel fand sich dann die Schwingungsweite eines Lufttheilchens an der Grenze der Hörbarkeit = 0,00004 Millimeter oder etwa $1/10$ von der Wellenlänge des grünen Lichtes. Dabei ist noch zu bedenken, daß die Versuche zur Mittagszeit angestellt wurden, wo das Tagesgeräusch der nahen Stadt nicht ausgeschlossen war; in der Nacht hätte ein feines, völlig ausgeruhtes Ohr wohl noch viel kleinere Schwingungen wahrgenommen. Die totale Dichtigkeitsänderung während der berechneten kleinen Schwingung betrug

13 Hundertmilliontel der normalen Luftdichte, die mechanische Arbeit, welche in der Secunde durch den Quadratmillimeter exponirter Fläche ging war ein Hundertbilliontel Kilogr.-Meter, und wenn man den Querschnitt des Gehörganges 33 Quadr.-Millim. schätzt, so wurden in der Secunde etwa 1 Dreibilliontel Kilogr.-Meter an das Ohr abgegeben. Will man die Empfindlichkeit des Ohres mit derjenigen des Auges vergleichen, so bieten die im 2. Jahrg. dieses Jahrb. S. 53 u. f. erwähnten Versuche von Thomsen dazu Gelegenheit. Dieser Physiker fand nämlich, daß eine Kerze, welche per Stunde 8,2 Grm. Walrath verzehrt, in der Secunde $^1/_{35}$ Kilogr.-Meter in Form von Strahlung aussendet; davon kommen auf ein Quadr.-Millim. in 115 Meter Entfernung ein 5 Billionen 740,000 Milliontel Kilogr.-Meter, also ungefähr 17 mal mehr, als die Pfeife der beiden Grazer in derselben Entfernung in Form von Schall durch den Quadr.-Millim. an lebendiger Kraft durchschickte.

Sonach ist die Pfeife eine weit schwächere Quelle von lebendiger Kraft als die Kerze, aber es ergiebt sich aus den vorstehenden, allerdings nur näherungsweisen Zahlen, daß das menschliche Ohr in der Perception der ihm zugedachten Schwingungsarbeit mit dem Auge an Empfindlichkeit rivalisiren kann.

Akustische Analyse der Vocalklänge.

Die Bildung der Vocale im menschlichen Stimmorgan ist schon früher vielfach Gegenstand wissenschaftlicher Forschung gewesen. Namentlich hat der Umstand, daß wir einen Vocal von einem andern unterscheiden können, auch wenn die Tonhöhe die gleiche ist, die Frage angeregt, welche Eigenthümlichkeiten wohl diese Unterscheidung möglich machen. Im Jahre 1779 wurde dies als Preisfrage von der Petersburger Akademie aufgestellt, und Kratzenstein erhielt für die gelungene Nachahmung der Vocaltöne durch mechanische Hilfsmittel den Preis. Aehnliche Versuche machte ungefähr gleichzeitig, aber mit vollkommeneren Apparaten, von Kempelen in Wien, dem auch die Anfertigung einer wirklichen Sprechmaschine gelang. Später 1835) hat J. Faber in Wien eine ähnliche, nur voll-

kommenere Sprechmaschine construirt, welche neuerdings von seinem Neffen mehrfach verbessert und fast in allen größeren Städten vorgezeigt worden ist. Bei dieser Maschine werden die Vocale und Consonanten sehr deutlich producirt und mittels einer Claviatur kann man die verschiedensten Worte auf derselben hervorbringen. Da bisher im Jahrbuche dieser Maschine nicht gedacht worden ist, so mögen hier einige Notizen über dieselbe folgen.

Die Sprechmaschine des jüngern Faber, in welche von der ursprünglichen Faber'schen Maschine nur einzelne Bestandtheile übergegangen sein sollen, befindet sich auf einem Tische. Zu hinderst ist ein Blasebalg angebracht, der durch ein Pedal bewegt wird. In der horizontalen Röhre, welche den vom Blasebalg ausströmenden Luftstrom fortleitet, kann nun dem letzteren zunächst ein kleines Flügelrad entgegengestellt werden, welches zur Erzeugung des r dient. Dasselbe ersetzt sonach die leicht beweglichen Theile der menschlichen Sprechorgane, Zunge, Lippen oder Zäpfchen, durch deren Schwingungen wir das r erzeugen. Das nächste Organ der Maschine ist die Stimmritze, eine spaltförmige Verengung des Luftweges, welche innerhalb gewisser Grenzen verengt und erweitert werden kann, je nachdem der Ton erhöht oder erniedrigt werden soll. Ein so mannigfacher Wechsel der Tonhöhe, wie bei der menschlichen Sprache, läßt sich freilich bei der Maschine nicht erzielen, weil sonst ihre Handhabung zu schwierig werden würde. Daß aber ein Wechsel der Tonhöhe sich sehr rasch ausführen läßt, erkennt man z. B. an der täuschenden Nachahmung des Hahnenschreies, den die Maschine giebt; übrigens aber spricht sie gewöhnlich in unveränderter Tonhöhe. Das nächste Organ der Maschine, dem wir nun begegnen, ist ein Kautschukplättchen, welches durch die aus der Stimmritze austretende Luft in Schwingungen versetzt wird; wenn die Stimmritze erweitert wird, rückt zugleich das Kautschukblättchen von derselben ab. An den bisher horizontalen Luftweg schließt sich nun in vertikaler Lage eine Nachbildung des Kehlkopfes an, und endlich folgt die Mundhöhle, vorn durch beweglichen Ober- und Unterkiefer mit lippenähnlichen Ansätzen verschließbar und ausgestattet mit einer Zunge, die an drei verschiedenen Mechanismen gehoben und gesenkt werden kann. Dieser vordere Theil der

Maschine kann durch eine bewegliche Gesichtsmaske verdeckt werden, die insoweit zur Tonerzeugung mit benutzt wird, als ein gewöhnlich hermetisch verschlossener Kanal in ihr zur Nase führt, der zur Erzeugung der Nasallaute dient. An all diesen hier nur flüchtig skizzirten Organen sind nun noch mancherlei bewegliche Theile angebracht, deren einzelne Stellungen zur Erzeugung der verschiedenen Vocale und Consonanten dienen. So wird beispielsweise durch einen fast vollständigen Verschluß der hintern Oeffnung der Mundhöhle der schwierige Vocal i hervorgebracht.

Zur Ingangsetzung der Maschine dient eine Claviatur. Sobald man eine Taste anschlägt und gleichzeitig den Blasebalg in Thätigkeit setzt, erzeugt man irgend einen Vocal oder Consonanten, und zwar sind es zunächst die 14 Laute a, o, u, i, e, l, r, w, f, s, sch, b, d und g, welche auf so einfache Art erhalten werden. Die drei Laute p, t und k werden durch b, d und g mit Aspiration erhalten; beim b und p z. B. wird durch die erst geschlossenen und rasch geöffneten Lippen ein Luftstrom gesendet, der aber beim p kräftiger ist. Andere Laute, wie m und n, werden durch gleichzeitigen, noch andere, wie x durch schnell auf einander folgenden Anschlag mehrerer Tasten hervorgerufen.

Die Art und Weise der Hervorbringung der einzelnen Laute auf dieser Maschine ist, wie man sieht, den menschlichen Sprachorgane nachgeahmt, allerdings mit mancherlei Abweichungen in den Einzelheiten. Für die Theorie der Vocalbildung erhält man also durch die Betrachtung der Einrichtung der Faber'schen Maschine keine neuen Aufschlüsse. Eine solche Theorie ist zuerst von Wheatstone aufgestellt worden und später hat Helmholtz erschöpfendere Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt. Die Hauptergebnisse dieser Arbeit haben wir schon im ersten Jahrg. dieses Jahrb. kurz besprochen und dort erwähnt, daß Helmholtz nicht blos eine Analyse der Vocaltöne gegeben hat, sondern daß es ihm auch gelungen ist, die Vocale künstlich aus einfachen Tönen zusammenzusetzen. Als einfachen Ton empfindet unser Ohr aber einen solchen, bei welchem die schwingenden Theilchen sogenannte „pendelartige" Schwingungen machen. Um sich eine deutliche Vorstellung von dieser Art Schwingungen zu machen, denke man sich einen

Punkt, welcher sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit in einem Kreise bewegt; in der Ebene des Kreises mögen parallele Lichtstrahlen auffallen. Dann wird der Schatten, den der bewegte Punkt auf eine Wand wirft, eine pendelartig oscillirende Bewegung machen.

Zur Wahrnehmung dieser Schwingungen dient wahrscheinlich das vom Marchese Corti entdeckte Organ in der Schnecke des Ohres, um welches herum und auf welchem sich sämmtliche Schneckennerven verbreiten. Nach der Helmholtz'schen Hypothese haben wir in diesem Organe ein musikalisches Instrument, ein System elastischer Stäbe, welche mitklingen, wenn Schallwellen ins Ohr kommen. Jede einfache Schallbewegung wählt sich unter den gespannten Fasern dieses Organes diejenige aus, welche seiner einfachen Tonhöhe entspricht und versetzt sie in Schwingung. Auf diese Weise wird jede, auch die verwickeltste Oscillation der äußern Luft von dem genannten Organe analysirt und in ihre Bestandtheile zerlegt. Helmholtz nimmt mit Kölliker 3000 Corti'sche Fasern an; dies giebt, wenn man 200 für die außerhalb der Musik liegenden Töne abrechnet, für die musikalischen Töne 2800, also für eine Octave 400 und für jeden Halbton $33\frac{1}{3}$. Nach Valtolini kommen indessen auf $\frac{1}{250}$ Millimeter 7 aufsteigende Fasern, so daß die Gesammtzahl derselben in dem 28—30 Millimeter langen Schneckencanale weit mehr als 3000, nämlich gegen 50,000 betragen würde. Daher die große Empfänglichkeit des Ohres für die geringsten Unterschiede in Tonhöhe und Klangfarbe.

Im Allgemeinen ist längst bekannt, daß jeder einzelne Vocal und jede individuelle oder durch den Dialekt bedingte Modification desselben, eine besondere Mundstellung erfordert. In Folge der letzteren erhält nun die Mundhöhle die Fähigkeit, von den verschiedenen Tönen, welche durch die Schwingungen der Stimmbänder hervorgebracht werden, einen oder mehrere vorzugsweise zu verstärken. Es geht also etwas ähnliches vor, als wenn wir einen Resonator, etwa eine gläserne Hohlkugel oder Röhre, an unser Ohr setzen und die Schallwellen irgend eines Tongemisches hinein gehen lassen, in welchem Falle aus dem ganzen Tongemisch der Eigenton des Resonators mächtig verstärkt wird und so zur Wahrnehmung kommt. Freilich ist die Verstärkung, welche einzelne Töne aus dem Toncomplex

des Stimmbänderklanges in der Mund-Rachenhöhle durch Resonanz erfahren, keine so bedeutende, wie bei einem Resonator, weil die Wände des letzteren starr und fest, die der Mund-Rachenhöhle dagegen elastisch und nachgiebig sind. In Folge dessen tritt beim Aussprechen oder Singen eines Vocales stets der Grundton deutlich hervor.

Daß überhaupt jeder Vocal aus einer Anzahl verschiedener Töne zusammengesetzt ist, davon kann man sich durch einen einfachen Versuch am Pianoforte überzeugen. Man öffne das Instrument so weit, daß man in dasselbe hinein auf die Saiten rufen oder singen kann, und trete dann das Pedal nieder, welches die Dämpfer von den Saiten entfernt. Ruft man jetzt den Vocal A in das Instrument, so hört man denselben kräftig, wie ein Echo aus dem Instrumente wieder heraustönen, was namentlich zur Nachtzeit einen wunderbaren, fast geisterhaften Eindruck macht. In ähnlicher Weise verhalten sich auch die übrigen Vocale, nur tönt A am stärksten zurück, dann folgen E, O, U und I allmälig schwächer, Ä und Ö ertönen ziemlich stark, Ü schwach. Bei diesem Versuche sind es die durch Resonanz in Schwingungen versetzten Saiten, die den Vocal bilden; wenn die Dämpfer auf den Saiten liegen, hört man Nichts.

Helmholtz hat nun über die Erzeugung der verschiedenen Vocale und ihrer Zusammensetzung folgendes festgestellt:

Um das U hervorzubringen, muß man die Mundhöhle möglichst weit und ihre Oeffnung möglichst eng machen, indem man die Lippen nahe an einander schließt. Diese Stellung giebt die tiefste Resonanz, deren der Mund fähig ist. Der Grundton der Stimme ist dadurch verstärkt, während die höhern Töne zurücktreten.

Der Vocal O erfordert eine etwas weitere Oeffnung des Mundes. Es treten bei demselben diejenigen Nebentöne stark hervor, die in der Nähe von b^1 liegen.

Beim A giebt man der Mundhöhle eine von hinten nach vorn sich erweiternde trichterförmige Gestalt. Ihre Stimmung ist dann eine Octave höher, als beim O, deßhalb werden beim A diejenigen Obertöne am meisten verstärkt, die in der Nähe des b^2 liegen. Wegen der weiten Oeffnung des Mundes hört

man übrigens hierbei auch alle andern Obertöne mitklingen, wenn auch schwächer.

Beim Ä, E, I ist der hintere Theil der Mundhöhle weit, während der vordere Theil der Zunge sich gegen den Gaumen hebt und hier eine Röhre bildet. Diese Röhre giebt einen höhern Resonanzton, der vom Ä zum I allmälig steigt, während der hintere höhlenartige Raum ein zweiten, tiefern Resonanzton giebt, der beim I am tiefsten ist.

Das Charakteristische der verschiedenen Vocalklänge liegt nach Helmholtz darin, daß die einzelnen Theiltöne eine gleichbleibende absolute Tonhöhe haben, während die Tonhöhe des Grundtones wechselt, und dieser Physiker hat deshalb den Vorschlag gemacht, die verschiedene Aussprache der Vocale in den einzelnen Sprachen und Dialekten durch Angabe dieser charakteristischen Töne zu bezeichnen. Die Höhe der letzteren wird bestimmt durch die Mundstellung, die der Mundhöhle einen gewissen Eigenton giebt. Helmholtz hat denselben dadurch ermittelt, daß er eine angeschlagene Stimmgabel dicht vor die Mundöffnung hielt und beobachtete, ob der Klang derselben durch die Resonanz der Luft in der Mundhöhle verstärkt wurde. Die richtige Einstellung auf einen bestimmten Vocal erreichte er dabei durch leises, flüsterndes Aussprechen desselben.

Die Vocale A, O und U zeigten dabei nur einen einzigen Resonanzton. Für O ergab sich b^1, bei etwas dumpfer Aussprache a^1, der Ton, den die gewöhnlichen Stimmgabeln geben. Führt man das O allmälig in A über, so steigt mit gleichzeitiger Zunahme der Mundöffnung auch der Eigenton der Mundhöhle und für A wird derselbe b^2, bei weiterer Verschärfung des A aber steigt er bis gegen d^3.

Beim U konnte Helmholtz auf die angegebene Weise den charakteristischen Ton nicht ermitteln. Dagegen machte derselbe die Wahrnehmung, daß, wenn man vom c an die Skala aufwärts singt, die Erschütterung der Luft im Munde und selbst am Trommelfell der Ohren, wo sie Kitzel erregt, am heftigsten wird beim Tone f, dann aber wieder abnimmt, woraus er den Schluß zieht, daß f der Ton der stärksten Resonanz für den Vocal U ist.

Für die übrigen Vocale ergaben sich zwei Töne, der höhere dem vorderen verengten Theile des Mundes, der tiefere dem

hinter der Verengung gelegenen Raume der Mundhöhle entsprechend. So ergab sich für I d^4 und f, für Ä g^3 und d^2, für E b^3 und f^1, für Ö cis^3 und f^1, für Ü g^3—cis^3 und f.

Wenn diese Theorie richtig ist, so muß ein bestimmter Ton, oder es müssen ein Paar bestimmte Töne in einer Klangmasse vorherrschen, um ihr einen bestimmten Vocalcharakter zu verleihen. Wird z. B. der Ton B gesungen, wobei durch die schwingenden Stimmbänder die Obertöne von doppelter, drei-, vierfacher ꝛc. Schwingungszahl mit erzeugt werden, so wird durch Resonanz der vierte Ton, b^1, verstärkt, beim Singen von b dagegen wird b^1 als zweiter Oberton verstärkt.

Hieraus erklärt sich einmal die verschiedene Klangfarbe, die ein gesungener Vocal je nach der Höhe des Grundtones hat, denn die Klangfarbe ist anders, wenn der zweite und wenn der vierte Partialton neben dem Grundtone erklingt. Auch läßt sich die längst bekannte Thatsache erklären, daß beim Singen ein Vocal auf gewisse Noten leichter anspricht, als auf andere; das leichtere Ansprechen wird nämlich für alle diejenige Grundtöne stattfinden, unter deren Obertönen sich der charakteristische Ton befindet.

So schön aber auch die Ergebnisse der Helmholtz'schen Arbeiten mit den Erfahrungen beim Gesang übereinstimmen, so treten doch bedeutende Abweichungen hervor, wenn man die Untersuchungen anderer Forscher in Vergleich zieht. Vor Helmholtz haben namentlich Merkel (Anthropophonik. Leipzig 1857) und ausführlicher Donders (Archiv f. d. holländ. Beitr. z. Natur- und Heilkunde. Bd. I, 1858) die Stimmung der Mundhöhle beim Aussprechen eines Vocales zu ermitteln gesucht, indem sie die Tonhöhe des Geräusches notirten, das beim Flüstern eines solchen entsteht.

Neuerdings hat der verdienstvolle Akustiker König in Paris in ähnlicher Weise wie Helmholtz die charakteristischen Töne der verschiedenen Vocale bestimmt. Wie er am 25. April v. J. der Pariser Akademie mittheilte, hat er sich dabei für den kritischen Vocal U einer Stimmgabel bedient, deren Tonhöhe durch Laufgewichte regulirbar war. Nachdem er schon früher für O, A, E und I, norddeutsche Aussprache vorausgesetzt, die charakteristischen Töne b^1, b^2, b^3 und b^4 gefunden, glückte es

ihm nun auch, für den Vocal U den Ton b als charakteristisch zu ermitteln, so daß also nach König alle fünf Consonanten durch octavenweise auf einander folgende Töne, deren Schwingungszahlen ungefähr 225, 450, 900, 1800, 3600 sind, charakterisirt sein würden. König hält es für mehr als blos wahrscheinlich, „daß man in der Einfachheit dieser Verhältnisse den physiologischen Grund der Erscheinung zu suchen habe, daß wir in den verschiedenen Sprachen immer ungefähr dieselben fünf Vocale wieder antreffen, obgleich die menschliche Stimme deren eine unendliche Menge hervorzubringen vermag, ebenso wie die einfachen Verhältnisse der Schwingungszahlen das Auftreten der gleichen musikalischen Intervalle bei der Mehrzahl der Völker erklären."

Vergleicht man die Bestimmungen von Helmholtz, König, Donders, Merkel und einige von dem letzteren aufgeführte ältere Angaben, so erhält man die folgende

Tabelle der charakteristischen Töne der Vocalklänge.

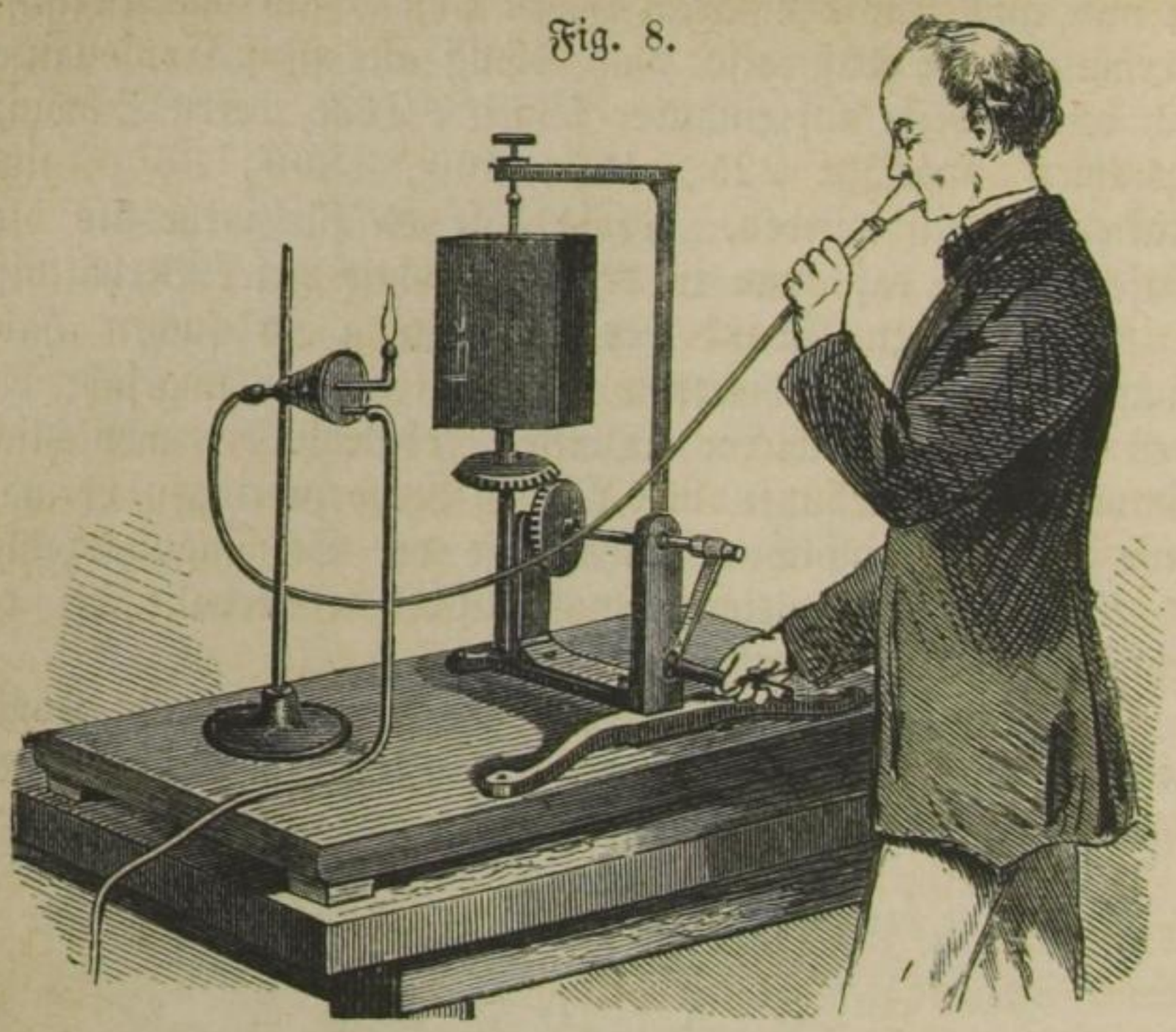
	U	O	A	Ö	Ü	Ä	E	I
Helmholtz	f	b^1	b^2	cis^3 f	g^3-as^3 f	g^3 d^2	b^3 f^1	d^4 f
König	b	b^1	b^2	—	—	—	b^3	b^4
Donders	f^1	d^1	b^1	g^2	a^2	—	cis^3	f^3
Merkel	d	fis	a-b	d^1-fis^1	a^1	a^1-d^2	d^2-e^2	a^2
Reyher	c	dis	a-c^1	—	—	dis^1	f^1	c^2
Flörcke	c	g	c^1	e^1	g^1	g^1	a^1	c^2

Helmholtz, welcher ausdrücklich angiebt, daß er bei Individuen verschiedenen Alters und Geschlechtes wesentlich dieselben Resultate erhalten hat, sucht die Abweichungen zwischen seinen eigenen Angaben und denen von Donders einmal durch die verschiedene Aussprache und dann durch die Schwierigkeit der richtigen Erfassung eines Flüstergeräusches zu erklären.

Neuerdings hat Dr. von Zahn im Osterprogramm (1871) der Leipziger Thomasschule eine Reihe von Beobachtungen über diesen Gegenstand veröffentlicht.

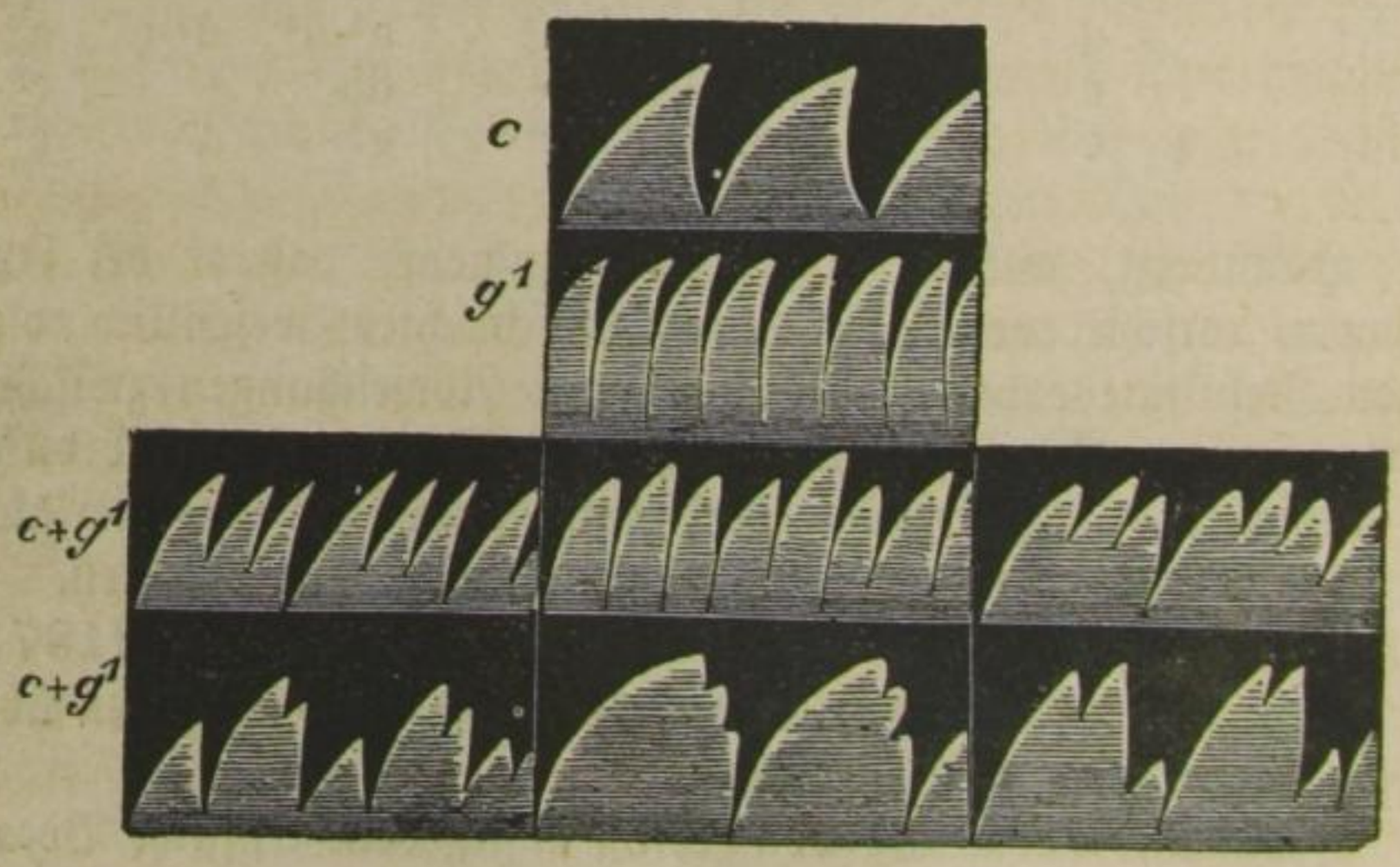
Zunächst wurde der von König angegebene einfache Vocalapparat, bestehend aus einem mit einer Kautschukmembran versehenen Gasbrenner (einer sogenannten manometrischen Kapsel)

Fig. 8.



und einem in Rotation zu versetzenden Spiegel — Fig. 8 — in Anwendung gebracht. Singt man in das trichterförmige

Fig. 9.



Mundstück des an den Brenner angesetzten Kautschukrohres, so geräth die Gasflamme in Schwingungen und bei rascher

Rotation erblickt man in dem Spiegel eine Reihe charakteristischer Flammenbilder (vergl. Jahrg. IV des Jahrb. S. 67 und S. 70).

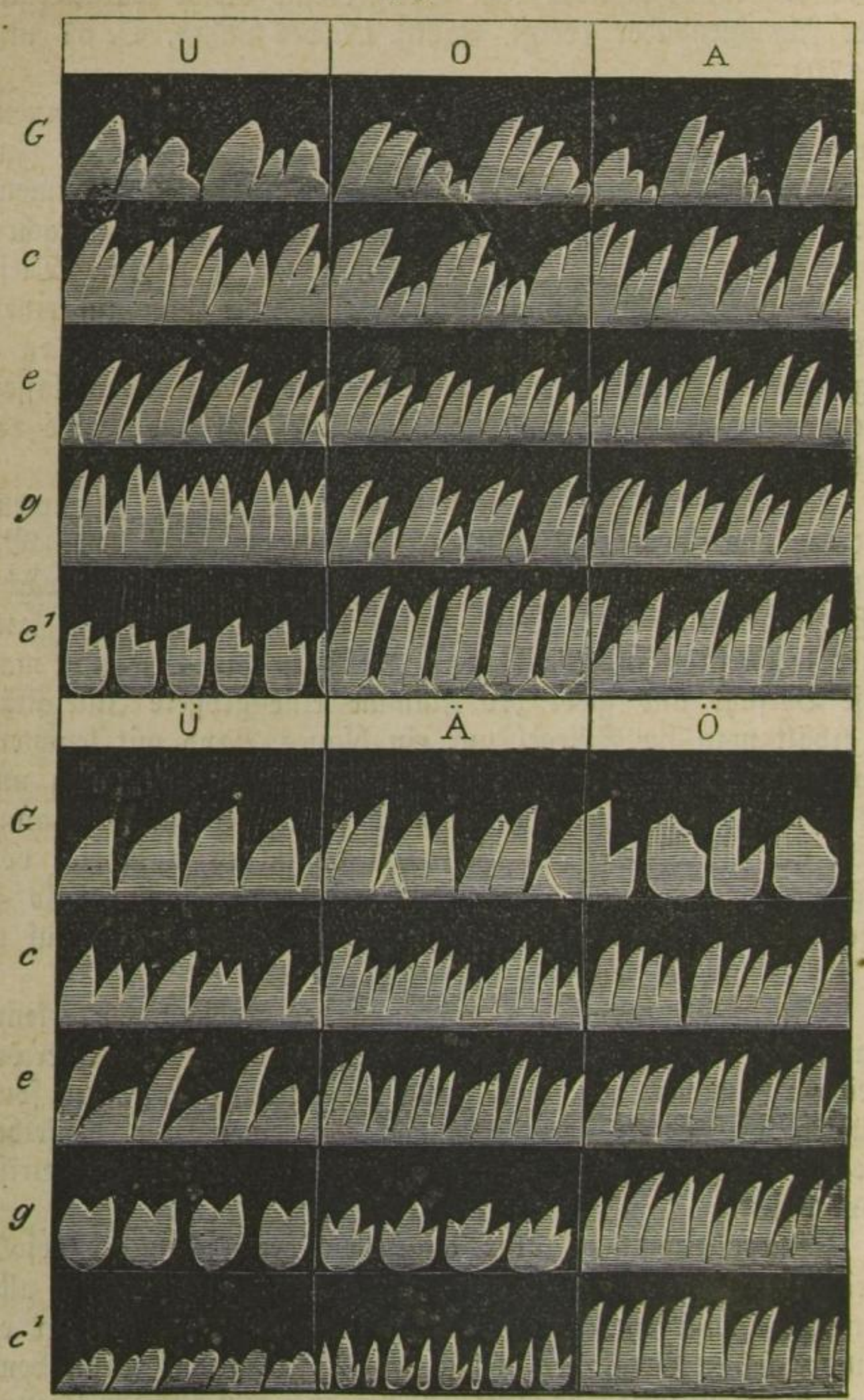
Um die erhaltenen Bilder besser interpretiren zu können, wurde zunächst mit einigen einfachen Tönen und deren Zusammensetzungen experimentirt. Einige der erhaltenen Flammenbilder zeigt Fig. 9. Sie beziehen sich theils auf die einfachen Töne c und g^1, theils auf Combinationen derselben. Diese Töne wurden durch Stimmgabeln erzeugt, die man auf einen mit einer manometrischen Kapsel versehenen, auf den Ton c abgestimmten Resonator wirken ließ. Die Abbildungen lassen erkennen, daß die Flamme je nach Intensität und Phase der beiden Töne ziemlich verschiedene Formen annimmt.

Die folgende Fig. 10 zeigt uns die Formen des Flammenbildes für verschiedene Vocale und verschiedene Tonhöhen. Bei den Versuchen wurde die Flamme allemal soweit abgeschwächt, daß die Intensität des Gesangtones eben ausreichte, sie aus einer leuchtenden in eine blaue zu verwandeln. Versäumt man diese Vorsicht und giebt der Flamme eine größere Intensität, so erhält man im Spiegel nur ein blaues Band mit leuchtendem Saume; der letztere allein theilt sich dann in Zacken und die untere, ungetheilte Flamme wird neben dem hellen Saume leicht übersehen. Bei den Versuchen kommt es manchmal vor, daß die Flamme singt, und dann zeigt das Flammenbild so eigenthümliche Formen, wie wir sie bei U auf c^1, Ü auf g, Ä auf g und c^1 sehen.

Schon bei flüchtiger Betrachtung der Abbildungen erkennt man, daß nicht, wie bei Instrumentalklängen, die Obertöne gleicher Nummer den Vocalklang charakterisiren, denn sonst müßten die Bilder der Flamme für einen und denselben Vocal alle dieselbe Gestalt haben oder einander geometrisch ähnlich sein.

Andrerseits kann aber auch die Theorie von der absolut gleichbleibenden Höhe der charakteristischen Töne nicht in aller Strenge richtig sein, weil sich sonst erwarten ließe, daß für ein und denselben Vocal der höchste vom Apparat noch anzugebende Ton in jedem Bilde erschiene. Vielmehr „geht aus den Figuren mit aller Bestimmtheit hervor, daß innerhalb der zu beobachtenden Tongrenzen ein Vocalklang aus Grundton und har-

Fig. 10.



monischen Obertönen zusammengesetzt ist. Dies widerspricht der von Helmholtz gegebenen Theorie nicht, nur dürfte man

wohl nicht von einer Aenderung des Dialectes für den Uebergang von einer Note zur andern sprechen; im Gegentheile beweisen weitere Versuche, daß dialektische Verschiedenheiten in der Aussprache nicht allein durch den beim Singen und Sprechen ebenfalls unvermeidlichen Wechsel des charakteristischen Tones, sondern auch durch die relative Stärke der zahlreichen Beitöne vorwiegend bedingt sind. Viele Beispiele bestätigen aber die Constanz der Obertöne auf das Entschiedenste. So zeigt, um nur eines anzuführen, A auf c seinen fünften Partialton e^2 in der Fünftheilung der Grundtonperiode; von e ist dies der vierte, von a der dritte, von A der sechste, was sich dem Auge in der That auf den ersten Blick verräth." Zu den letzten Worten mag bemerkt werden, daß die Flammenbilder für die Töne A und a in die vorstehende Fig. 10 nicht mit aufgenommen worden sind.

Beim Vocale A trat der Ton e^2 mehrfach, nicht aber der von Helmholtz als charakteristisch erkannte Ton b^2 auf. Den Grund davon sucht v. Zahn einestheils in der Unempfindlichkeit des Apparates für so hohe Töne, dann aber darin, daß für seine individuelle Aussprache beim Singen eben e^2 die Stelle des charakteristischen Tones einzunehmen scheine. „Absichtlich schärfer genommen, gab das A zwar in den tiefern Lagen eine weiter gehende Theilung, immer aber blieb die Beimischung eines dem e^2 benachbarten Tones erkennbar."

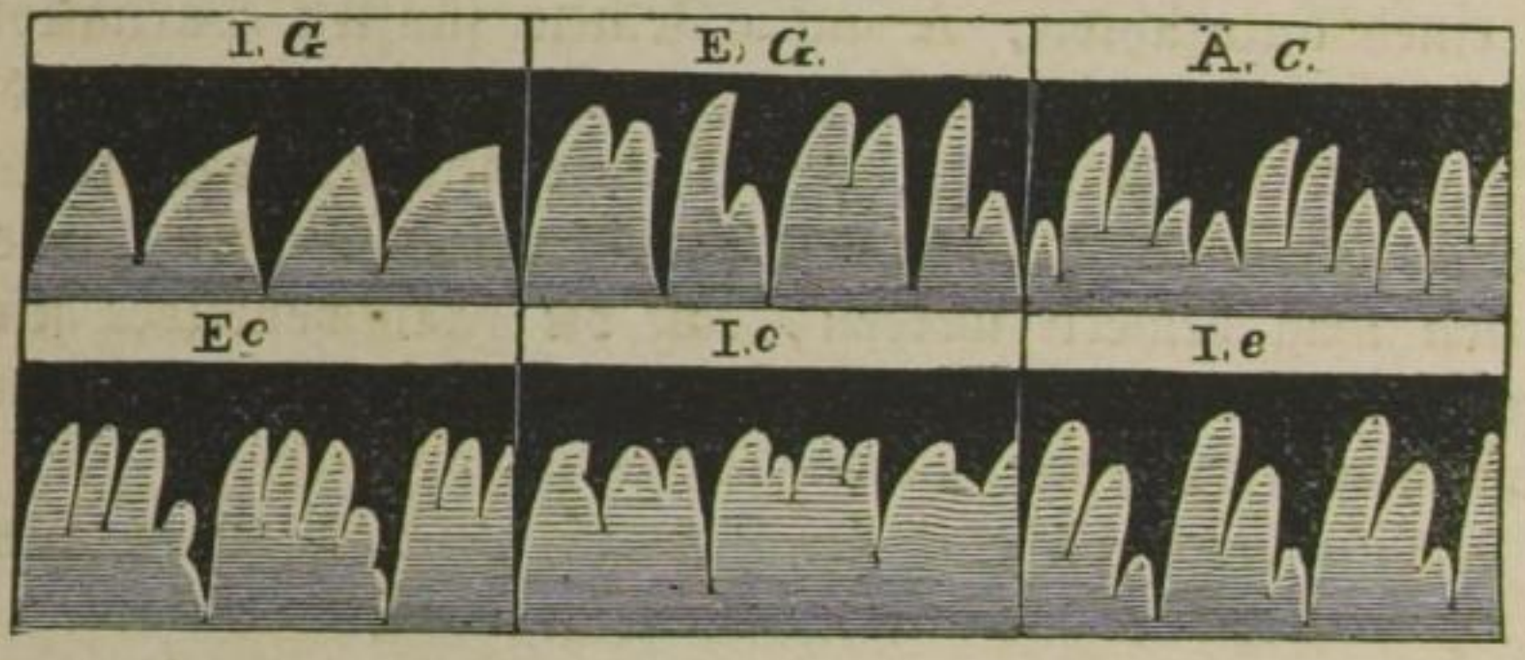
Bei O zeigen sich dem Helmholtz'schen festen Tone b^1 benachbarte Obertöne, doch nimmt deren Höhe mit der des Grundtones merklich zu.

Bei Ü, Ä und Ö hätte man zwei charakteristische Töne zu erwarten, von denen aber der höhere seiner großen Höhe wegen in den Flammenbildern nicht ansprechen kann. Aber auch bei den tieferen Tönen wird keine constante Lage beobachtet.

U und Ü sollten wegen des gemeinschaftlichen charakteristischen Tones f in der Hauptsache dasselbe Flammenbild zeigen. In den Figuren hat aber merkwürdiger Weise U eine complicirtere Form als Ü und erhält ungefähr die Figur des letzteren, wenn man von der U-Figur zwei Zacken wegläßt. Es scheinen hiernach in U höhere Beitöne aus der Gegend von f^1 bis e^2 bedeutend mitzuwirken.

Die Figuren von I hat v. Zahn nicht mitgetheilt, weil sie im Wesentlichen mit denen des Ü übereinstimmten. Beim E erhielt er für seine Aussprache so wechselnde, einem Uebergange von Ä in I entsprechende Figuren, daß er ebenfalls von deren ausführlicherer Mittheilung absah. Ein Paar Formen zeigt uns noch die kleine Fig. 11. Die Vergleichung der Figuren

Fig. 11.



läßt erkennen, wie beim Singen der Vocalfolge Ä (Fig. 10 und 11), E (Fig. 11) und I (Fig. 11 und 10) der Charakter des Flammenbildes sich ändert.

Für höhere Stimmlagen werden die Figuren immer einfacher: von b^1 an zeigt U, von e^2 an jeder Vocal nur noch eine Zacke auf die Periode des Grundtones.

Im Ganzen spricht v. Zahn sein Urtheil über den König'schen Apparat dahin aus, daß derselbe „zwar zur Zerlegung tieferer Vocalklänge nicht ungeeignet erscheint, daß er aber eine vollständigere Analyse nicht gestattet. Sicher ist immerhin, daß seine Bilder zur Charakterisirung der Sprachlaute recht wohl dienen können. Es erscheint derselbe namentlich ganz besonders berufen, beim Sprachunterrichte für Taubstumme eine Rolle zu spielen, da es mit seiner Hilfe möglich ist, einen Vocal in bestimmter Aussprache unveränderlich festzuhalten. Für die eigentliche Analyse von Sprachlauten wäre es wesentlich, die Flammenbilder photographisch fixiren zu können; dann dürfte es sich eher als bei Zeichnungen verlohnen, nach bekannten mathematischen Sätzen die Zusammensetzung der Perioden ausführlicher zu studiren."

Als ein genaueres Hilfsmittel, als die Abzeichnung der

Flammenbilder, erwies sich die Anwendung von Resonatoren. „Man hat nur, während man selbst (oder ein anderer) irgend einen Gesangton erzeugt, den Resonator dem Ohre zu appliciren und hört dann, falls im Klang der Stimme der Ton der Kugel enthalten ist, denselben verstärkt mit erklingen.“ Es wurde zu diesen Beobachtungen theils eine Collection kugelförmiger König'scher Resonatoren, welche die Obertöne von C angeben und durch theilweise Verdeckung ihrer Oeffnung auch leicht etwas tiefer gestimmt werden konnten, theils Resonatoren von beliebig zu verändernder Stimmung angewendet. Jeder solche Resonator bestand aus einem cylindrischen mit Trichter für den Gehörgang versehenen Rohre, auf welchem sich eine Theilung befand und auf welchem ein zweites Rohr verschiebbar angebracht war. Die Abstimmung dieser Resonatoren erfolgte mittels einer Serie König'scher Stimmgabeln. Dr. v. Zahn hat nun in der erwähnten Programmarbeit seine Beobachtungen über die Vocale U, O (und zwar das offene, kurze Ŏ und das geschlossene, lange O), A, den breiteren Laut Aa, den man mit zurückgezogenen Mundwinkeln erhält, den auf ähnliche Weise erhaltenen Ä-Laut (Aä), das gewöhnliche Ä, das offene und geschlossene Ö (Ŏ und Ō), Ü, I und E und zwar für die Töne von F bis zu den mit Fistelstimme gesungenen d^1 und e^1 veröffentlicht, ohne indessen die Resultate dieser Arbeit im einzelnen näher zu beleuchten. Wir begnügen uns hier mit der Mittheilung einiger dieser Resultate. Dabei ist ein Ton als „deutlich“ (d.) notirt, wenn er auch ohne daß man den Resonator abwechselnd an das Ohr setzte und wieder entfernte, gleichmäßig anhaltend hörbar war, als „ziemlich deutlich“ (z. d.), wenn er schon nach einmaligen Absetzen, und als „schwach“ (sch.), wenn er erst nach wiederholter Prüfung hörbar wurde. Die Bezeichnungen „recht deutlich,“ „ziemlich stark,“ „stark,“ „sehr stark“ (r. d., z. d., st., s. st.) bedürfen keiner Erläuterung; ein ! hebt den betreffenden Ton als relativ stärkeren unter den gleichbezeichneten hervor.

	U	Ŏ	Ō	A	Aa	Ä	Ō̈	Ü	I	E
1. G										
g	z. st.	z. st.	z. st.	z. st.	r. d.	r. d.	d.	r. d.	d.	d.
d^1	z. d.	r. d.	r. d.	r. d.	r. d.	d.	d.	d.	d.	d.
g^1	st.!	st.	st.!	d.	d.	d.	z. st.	r. d.	r. d.	st.
h^1	schw.	s. st.	r. d.	r. d.	z. d.	st.	z. d.	—	—	d.
d^2	schw.	st.	schw.	s. st.	s. st.	d.	schw.	—	—	schw.
f^2	z. d.	z. d.	z. d.	st.	s. st.!	z. d.	schw.	—	—	—
g^2	r. d.	r. d.	z. st.	st.	s. st.	z. d.	schw.	—	—	schw.
ais^2	—	d.	—	st.	s. st.	schw.	—	—	—	schw.
h^2	—	z. d.	—	d.	z. st.	—	—	—	—	—
cis^3	—	z. d.	—	r. d.	st.	—	—	—	schw.	?
d^3	—	schw.	—	z. st.	st.	schw.	—	—	—	—
2. c										
c^1	r. d.	s. st.	st.!	r. d.	z. st	z. st.	d.	r. d.	r. d.	d.
g^1	z. st.	st.	st.	d.	r. d.	z. st.	st.	r. d.	r. d.	r. d.
c^2	r. d.	s. st.	z. st.	s. st.	st.	z. st.	r. d.	z. d.	schw.	z. d.
e^2	z. d.	d.	st.	s. st.	st.	s. st.	d.	—	—	schw.
g^2	d.	d.	d.	r. d.	z. st.	z. d.	z. d.	—	—	schw.
b^2	schw.	r. d.	schw.	r. d.	st.	schw.	—	—	—	—
c^3	—	schw.	schw.	z. d.	st.	—	—	—	—	—
d^3	—	schw.	—	—	z. st.	—	—	?	?	?
e^3	—	—	—	—	z. st.	—	—	?	—	—
3. e										
e^1	r. d.	z. st.	r. d.	r. d.!	d.	d.	d.!	d.!	d.	d.
h^1	r. d.	st.	s. st.	r. d.	d.	r. d.	s. st.	z. d.	schw.	z. st.
e^2	z. d.	r. d.	r. d.	st.	s. st.	st.	z. d.	z. d.	z. d.	d.
gis^2	d.	st.	z. st.	z. st.	s. st.	schw.	schw.	—	—	schw.
h^2	schw.	r. d.	d.	s. st.	st.	schw.	schw.	—	—	—
d^3	—	—	—	schw.	d.	schw.	—	—	—	schw.
e^3	—	—	—	—	z. d.	—	—	—	?	schw.
4. g										
g^1	z. st.	d.	st.	d.	d.	d.	r. d.	r. d.	r. d.	r. d.
d^2	z. d.	r. d.	z. st.	st.	s. st.	z. st.	schw.	schw.	schw.	d.
g^2	d.	d.!	st.	st.!	s. st.	schw.	z. d.	—	—	schw.
h^2	schw.	z. d.	z. d.	d.	s. st.	schw.	schw.	—	—	schw.
d^2	—	schw.	—	d.	s. st.	—	—	—	—	—
5. c^1										
c^2	z. st.	st.	st.!	z. st.	r. d.	r. d.	s. st.	d.	d.	r. d.
g^2	st.	st.!	st.	s. st.	s. st.	z. st.	d.	z. d.	schw.	r. d.
c^3	schw.	d.	z. d.	d.	st.	schw.	—	—	—	schw.
e^3	—	—	—	—	d.	—	schw.	schw.	schw.	schw.

	U	Ŏ	Ō	A	Aa	Ä	Ȫ	Ü	I	E
6. e^1										
c^2	z. d.	r. d.	d.	r. d.	z. d.	schw.	schw.	z. d.	d.	schw.
h^2	d.	r. d.	r. d.	r. d.	d.	d.	schw.	z. d.	z. d.	z. d.
c^3	s. st.	st.	st.	s. st.	s. st.	schw.	—	—	—	—

Aus den gewonnenen Resultaten geht nach v. Zahn mit Bestimmtheit hervor, „daß ein Vocalklang im Allgemeinen nicht nur durch eine oder zwei feste Noten charakterisirt wird, sondern daß vielmehr das specifisch Bezeichnende im Erklingen einer harmonischen Folge von mehr oder weniger distanten Tönen liegt.“ Um darüber zu präciseren Angaben zu gelangen, hält er es für nöthig, nochmals die Ermittelung der Töne, auf welche die articulirte Mundhöhle abgestimmt ist, ins Auge zu fassen.

Bei Vergleichung der Flüsterstimmen von 45 Personen verschiedenen Alters und Geschlechtes ergaben sich nun

für den Vocal U die Töne d—e, f, g, a, h, c^1,
" " " Ō " " g, a, h, c^1, d^1, e^1,
" " " A " " a, h, c^1, d^1, e^1, f^1, g^1,
" " " Ö " " f^1, g^1, a^1, h^1, c^2, d^2, e^2,
" " " Ä " " e^1, f^1, g^1, a^1, h^1, c^2, d^2, e^2, f^2,
" " " Ü " " g^1, a^1, h^1, c^2, d^2, e^2, f^2,
" " " E " " h^1, c^2, d^2, e^2, f^2,
" " " I " " c^2, d^2, c^2, f^2, g^2, a^2.

Ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Singstimme und der der Vocaltöne trat hierbei nicht consequent hervor, doch gehörten die tiefern Lagen in U Männerstimmen, die höchsten Kinderstimmen an, und Sopranstimmen, namentlich weibliche, lieferten die Beispiele sehr hoher Lagen des I.

Auch eine und dieselbe Person kann den Flüsterton eines Vocales beträchtlich ändern und es ist z. B. möglich das A, welches bei normaler Production viel höher liegt als U, in gleicher Höhe mit diesem oder sogar tiefer zu flüstern. Es ergab sich überhaupt aus diesen Untersuchungen, daß die Abschätzung der Tonhöhen zur Herstellung einer der Merkel'schen entsprechenden Vocalscala etwas wesentlich anderes sei, als die Bestimmung der Helmholtz'schen Resonanztöne. Häufig gelingt

es, den mit Stimmgabeln erhaltenen Resonanzton im Flüstergeräusch als Partialton zu erlauschen, aber keineswegs immer sind die Helmholtz'schen Resonanztöne höhere Octaven der Flüstertöne. In vielen Fällen aber ist auch das Flüstergeräusch, wie die Singstimme, aus harmonischen Partialtönen zusammengesetzt; nur tritt der Grundton mehr zurück, während einzelne Obertöne, welche häufig, aber keineswegs immer, die Octaven des Grundtones sind, sich durch starke Resonanz vor anderen, schwächer mitklingenden Obertönen hervorheben.

Im Allgemeinen glaubt v. Zahn aus seinen Versuchen schließen zu können, „daß dieselbe Reihe von Obertönen, die beim Singen des Vocales auf den Grundton des Flüstergeräusches gehört wird, sich auch durch Stimmgabeln als den Hohlräumen des Stimmorganes angehörig nachweisen läßt, wobei für die tiefern und schwächern Resonanzen vielleicht die Schwingungen der membranösen begrenzenden Theile mit ins Spiel kommen. — In Beziehung zu den Aufgaben der Sprachforschung steht der Nachweis, daß die ohne künstliche Hilfsmittel so leicht festzustellenden Tonstufen der Flüsterreihe den verschiedenen Mundstellungen in sehr charakteristischer Weise entsprechen, wenn schon sie zur Definition des Vocalklanges nicht ausreichen. Auch mit vielen gegenseitigen Beziehungen der Vocale werden gewisse Verhältnisse der Flüstertöne harmoniren." Schließlich wird noch die Hoffnung ausgesprochen, daß durch Vervollkommnung der instrumentalen Hilfsmittel, namentlich durch Anwendung des König'schen Flammenapparates mit beliebig zu stimmenden Resonatoren die akustische Analyse der Vocalklänge auch in ihren Einzelheiten zu völligem Abschlusse gelangen werde.

Fortpflanzung der menschlichen Sprachlaute durch Eisendraht.

Daß auch die Laute der menschlichen Sprache, wie andere Töne, sich durch gespannte Drähte auf weite Entfernungen fortpflanzen, kann zwar nicht überraschen; immerhin aber ist der folgende, von A. Weinhold in Chemnitz angestellte Versuch nicht ohne Interesse.

Von zwei kleinen Resonanzkästchen wurde das eine im Bodenraume eines isolirt stehenden Hauses an einer Leiter be-

festigt, das andere im Dachraume eines etwa 1/12 Meile entfernten Hauses an vier Schnüren aufgehängt; letztere wurden soweit angezogen, daß ein die beiden Kästchen verbindender Eisendraht von 0,65 Millimeter Dicke gehörig gespannt wurde. Dieser Draht, der an beiden Stationen durch Dachfenster ins Freie trat, schwebte vollkommen frei und es betrug

	Erste Station.	Zweite Station.
der horizontale Abstand der Drahtenden vom Scheitel der gebildeten Kettenlinie	317,9 Mt.	328,6 Mt.
die verticale Höhe der Drahtenden überm Scheitel	16,0 „	17,0 „
das Gesammtgew. des Drahtes . .	1675 Gramm	
die Spannung im höchsten Punkte .	8270 „	

Die Spannung des Drahtes konnte wegen der Flachheit der Kettenlinie ungefähr als überall gleich angesehen werden und betrug 0,6 von derjenigen, bei welcher der Draht zerreißt. Letzterer war geglüht und an fünf Stellen durch sorgfältiges Zusammendrehen der Enden der zu vereinigenden Stücke zusammengesetzt. Der Draht ging durch die Resonanzböden der beiden Kästen durch und war an jedem Ende außerhalb des Kästchens um ein Stück Kupferdraht gewunden. Durch die Spannung des Eisendrahtes wurden diese Drahtstücken fest gegen die Resonanzkästen gedrückt.

Zwei Personen, welche sich mit dem Munde ungefähr 5—15 Centimeter entfernt von den Resonanzböden der beiden Kästchen befanden, konnten sich bei ruhiger Luft bequem unterhalten, ohne die Stimme bedeutend mehr erheben zu müssen, als beim gewöhnlichen Sprechen. Jeder Wechsel der Stimme, die Stimmen verschiedener Personen, Alles konnte an der andern Station genau unterschieden werden. Selbst Personen, die bis ein Meter von den Resonanzkästchen entfernt standen, konnten die an der andern Station gegen den Resonanzboden gesprochenen Worte noch deutlich hören.

Bei starkem Winde wurden die Versuche durch zu starkes Tönen des Drahtes gestört; man konnte dann noch durch Klopfen mit einem Bleistift auf den Resonanzboden verständliche Zeichen geben.

Bis zu einer Entfernung von 150 Meter genügt es, zwischen den in den Händen gehaltenen Resonanzkästchen einen Bindfaden auszuspannen; die Fortpflanzung eines Stimmgabeltones, der Musik einer Spieldose ꝛc. ist für kleinere Entfernungen (etwa 50 Meter) noch ein hübscher Demonstrationsversuch.

Weinhold schließt aus seinen Versuchen, daß man die Sprachlaute in ähnlicher Weise auch auf wesentlich größere Entfernungen übertragen kann, wobei man den Draht durch Aufhängen an Fäden an einzelnen Stellen unterstützen muß. (Ausführlichere Beschreibung und Abbildung des Apparates s. in Weinhold's „Vorschule der Experimentalphysik" S. 215).

Ueber die Musik der Insecten

hat Dr. Landois in Münster in der Generalversammlung des naturhist. Ver. der preuß. Rheinlande, Pfingsten 1869, interessante Mittheilungen gemacht, von denen wir folgenden Auszug geben.

Es kommen im Allgemeinen bei den verschiedenen Ordnungen der Insecten dreierlei Lautäußerungen vor, die man als Geräusch, Ton oder Stimme unterscheiden kann. Mit dem Namen Stimme belegt Landois Lautäußerungen, welche durch die Respirationsorgane, ähnlich wie beim Menschen durch die Lunge, den Kehlkopf und die Mundhöhle erzeugt werden; Lautäußerungen dagegen, welche durch Aneinanderreiben fester Theile hervorgebracht werden, nennt er Ton oder Geräusch, je nachdem eine bestimmte Höhe erkennbar ist, oder nicht.

In der Ordnung der Geradflügler, Orthopteren, trifft man nur Lautäußerungen in Form eines Tones.

Bei den Acridien, Wanderheuschrecken, befinden sich an der Innenseite der Hinterschenkel 90—100 feine Zähne, welche sie wie einen Fidelbogen über eine hervorragende Ader der Flügeldecke reiben und dadurch einen sirrenden, sonoren Ton hervorbringen. Dies gilt aber nur von den Männchen, die Weibchen sind stumm.

Bei den Achetiden oder Grabheuschrecken werden die Flügeldecken über einander gerieben. Die Männchen der Feldgrille, des Heimchens und der Maulwurfsgrille haben an den

Flügeln eine mit kleinen Stegen besetzte Ader, welche nach Art eines Fidelbogens über eine vorstehende Ader des darunter liegenden Flügels gerieben wird.

Bei den Locustiden, den Laubheuschrecken, trifft man, was die Männchen betrifft, am Grunde des einen Flügels ein kleines Tambourin, das mit der geriefelten Ader des andern Flügels gegeigt wird.

In der Ordnung der Schmetterlinge, der Lepidopteren, trifft man nur wenige, durch Reibung erzeugte Töne.

Dagegen findet sich bei den Käfern, Coleopteren, sowohl Ton und Stimme, als auch bloße Geräusche.

Die Bockkäfer reiben die an der Vorderbrust befindliche scharfe Randkante über die Reibleiste des darunter liegenden Fortsatzes der Mittelbrust. Bei vielen kleinen Bockkäfern gewahren wir, wenn sie ergriffen werden, daß sie den Kopf auf und abbewegen, gerade so wie die großen Böcke dies thun, wenn sie den Ton hervorbringen; auch läßt die mikroskopische Untersuchung bei diesen kleinen Böcken denselben Tonapparat erkennen. Man kann hieraus den Schluß ziehen, daß unser Ohr für die hohen Töne dieser kleinen Böcke nicht mehr empfänglich ist.

Der Todtengräber erzeugt einen abgesetzten, schnarrenden Laut durch Reibung des fünften Hinterleibringes gegen die Hinterränder der beiden Flügeldecken.

Bei den Mistkäfern trägt das Hüftbein des Hinterschenkels eine geriefelte Reibleiste, über welche der scharfe Hinterrand des dritten Hinterleibringes gerieben wird, wodurch ein schnarrender Ton entsteht.

Die Elateren und Anobien erzeugen bloß Geräusche.

Dagegen trifft man beim Maikäfer wirkliche Stimmbildung an: im Tracheenverschluß ist eine Zunge aufgehängt, welche durch die Luft beim Athmen in Schwingungen versetzt werden kann.

In der Ordnung der Fliegen oder Dipteren ist ein Stimmapparat die gewöhnliche Erscheinung. In den Brststigmen ist ein bei verschiedenen Familien dieser Ordnung verschieden gestaltetes Häutchen ausgespannt, welches bei lebhafter Respiration zum Tönen kommt. Aber auch durch ihren Flügelschlag vermögen sie einen Ton zu erzeugen, und zwar sind beide Töne in der Regel von einander verschieden.

Bei den großen Brummfliegen bewegt sich die Stimme durch e, d, dis, cis, h und b, der Flügelton ist e und f. Bei der Stubenfliege ist die Stimme h, e, b, der Flugton g. Die gemeinen Mücken, wenn sie an heiteren Abenden sich in wolkenartigen Schwärmen tummeln, geben den Ton d^1 oder e^1. Dieser Ton dient als Lockton und Landois erzählt, daß, als er einst seinem Diener mit in e erhobener Stimme zurief: „Wenn Du mir wieder die Stiefel nicht putzest, so sollen Dich die Mücken todt stechen!" eine solche Masse dieser kleinen Quälgeister über den unglücklichen Diener hergefallen sei, daß derselbe fast an Hexerei geglaubt habe.

Bei kleinen Fliegen und Mücken trifft man übrigens dieselben Stimmapparate, wie bei den größeren, obwohl wir keine Stimme bei ihnen hören.

Auch bei den Cicaden, welche in die Ordnung der Schnabelinsecten, Rhynchoten, gehören, haben die Männchen einen wirklichen, am Grunde des Hinterleibs angebrachten Stimmapparat.

Ebenso treffen wir bei den Immen, Hymenopteren, wirkliche Stimmorgane. Die Stimme der Honigbiene ist a^2, h^2 und c^3, ihr Flugton gis^2 und a^2; bei der Mooshummel ist der Stimmton h, der Flugton a, die Blüthenbiene hat die Stimme f^3, den Flugton a^1 und g^1.

Apparat zur Demonstration des Doppler'schen Principes.

Christian Doppler hat zuerst im J. 1842 darauf aufmerksam gemacht, daß der Ton einer Tonquelle höher wird, wenn sich dieselbe dem Beobachter nähert und tiefer, wenn sie sich von ihr entfernt, und daß die Höhe bei constanter Entfernung einen Zwischenwerth hat. Doppler sucht diesen Satz, indem er ihn auch auf das Licht anwandte, zur Erklärung der Sternfarben zu benutzen (vgl. Jahrg. IV dies. Jahrb. S. 27 u. f.). Einen einfachen Apparat zur Demonstration dieses interessanten Principes, und zwar für Schallschwingungen, hat neuerdings W. Rollmann angegeben.

Quer auf die Achse einer Schwungmaschine wird eine möglichst lange Holzleiste gesetzt. An dem einen Ende der letzteren befindet sich senkrecht zu ihrer Längenachse ein Loch,

in welchem mittels eines Korkes der tönende Apparat befestigt wird. Als solcher dient eine kleine Hohlkugel, die man aus einem starken Thermometerrohr bläst; um ihr eine passende Oeffnung zu geben, wird seitlich ein Stückchen abgeschliffen. Durch einen tangentialen Luftstrom angeblasen tönt die Kugel wie ein Brummkreisel. Man steckt nun den Stiel der Kugel so durch den Kork, daß die Oeffnung auf die Außenseite kommt. Sollte bei rascher Drehung nicht sofort ein Ton hörbar werden, so genügt eine geringe Aenderung in der Stellung der Kugel zur Hervorrufung desselben. Bei ganz gleichmäßiger Drehung hört man dann während eines jeden Umschwunges die Tonhöhe einmal ab- und zunehmen; nur wenn das Ohr sich in der Verlängerung der Rotationsachse befindet, vernimmt man einen Ton von gleichbleibender Höhe.

Rollmann giebt als Dimensionen seines Apparates an: Entfernung der Kugel von der Drehungsachse 25 Centimeter, Durchmesser der Kugel 20 Millimeter, Durchmesser der Oeffnung 7 Millimeter.

Ehe wir das Gebiet der Akustik verlassen, mag noch eine praktische Anwendung dieser physikalischen Disciplin erwähnt werden, die in technischen Journalen mehrfach besprochen worden ist, nämlich

die Bestimmung der Spannung von Trägern und andern Constructionstheilen auf akustischem Wege.

Da die Höhe des Tones, den ein Körper beim Anschlagen giebt, außer von seinem Materiale, seiner Form und Größe, wesentlich auch von seiner Spannung abhängt, so liegt der Gedanke nahe, zur Ermittlung der Spannung in den einzelnen Theilen verschiedener Constructionen zunächst auf experimentellem Wege die Höhe des Tones, den ein solcher Theil angiebt, zu ermitteln und daraus einen Schluß zu ziehen auf die Größe der Spannung. Dieser Gedanke ist vor einiger Zeit von W. Airy in London bei Prüfung eines nach gewöhnlicher Weise construirten Bowstring-Trägers in Ausführung gebracht worden, man kann aber nach demselben Princip auch bei Prüfung von Fachwerkträgern, Bogenbrücken mit Gitterwerk 2c. verfahren.

Zur Anstellung der Versuche wurde ein Modell folgender Construction benutzt: Ein Bogen aus Stahl von 5,1 Qudr.-Centimeter Querschnitt, 1,829 Meter weit gespannt bei 0,305 Meter Pfeil, hatte einen aus zwei eichenen Latten gebildeten Untergurt von 1,9 Centimeter Stärke und 0,95 Centimeter Breite; an jedem Ende faßten diese Latten einen 1,6 Centimeter breiten Eichenklotz zwischen sich, in welchen der Bogen eingelassen und festgekeilt war. Die Verticalen und Diagonalen bestanden aus Stahldraht, Nummer 6, wovon 516,4 Meter auf das Kilogr. gehen; am Bogen gingen diese Drähte durch Oesen, die dort befestigt waren, während sie unten durch kleine, an den Untergurt genagelte Klötzchen gesteckt waren. Durch Schraubenmuttern war eine genaue Justirung ermöglicht.

Die Prüfung selbst wurde in der Weise vorgenommen, daß man den deutlich hörbaren Ton, den jedes Spannband des belasteten Trägers beim Anschlagen gab, mit dem Tone eines frei aufgehängten Drahtes von gleicher Länge und Stärke verglich, den man durch angehängte Gewichte so weit spannte, bis er den gleichen Ton gab, wie das Spannband. Dann schloß man auf gleiche Spannung in dem Drahte und dem untersuchten Trägergliede. Zur Aufhängung des Drahtes diente ein einfaches Gestell, bestehend aus zwei vertikalen, mit Skalen versehenen Säulen, die oben durch ein Querholz verbunden waren, an welches der Draht angehängt wurde. Zwischen beiden Säulen war noch eine Gleitbrücke angebracht, die ein Metallplättchen trug, gegen welches der gespannte Draht sich anlegte, sobald das Ganze ein wenig schräg gestellt wurde; auf diese Weise wurde eine genaue Abgrenzung des schwingenden Theiles des Stahldrahtes möglich. Die Genauigkeit dieser Bestimmung der Spannung wurde durch vorläufige Versuche mit einem direct belasteten Drahte zu $^1/_{160}$ vermittelt.

Rücksichtlich der Details der gewonnenen Resultate müssen wir diejenigen Leser, welche sich dafür näher interessiren, auf unsere Quelle, den XVI. Bd. des „Civilingenieur" (1870), S. 7 u. f. verweisen.

Optik.

In diesem Gebiete der Physik wenden wir uns zunächst dem in den letzten Jahren mit Vorliebe bearbeiteten Felde der

Spektralanalyse

zu, und zwar erwähnen wir hier zuerst einige Apparate.

Der Objectiv-Spektralapparat von Sigmund Merz. Im Jahre 1823 hat Fraunhofer in Gilbert's Annalen der Physik über seine Beobachtungen der Fixsternspektra berichtet und dabei über den dazu benutzten Apparat die Mittheilung gemacht: „ich habe vor Kurzem ein eigens blos zu diesem Zwecke bestimmtes großes Instrument verfertigt, mit einem Fernrohre von 4 Zoll Oeffnung des Objectives. Das Flintglasprisma dieses Instrumentes hat einen Winkel von 37° 40′ und denselben Durchmesser als das Objectiv." Es sind dies unbestritten die ersten Beobachtungen über die Spektra der Himmelskörper. Jahrzehnte vergingen, ehe Lamont, Donati, Secchi, Janssen u. A. auf dieser Bahn folgten. Aber diese Beobachter verließen den Weg Fraunhofer's, indem sie das Prisma nicht am Objectiv anbrachten, sondern mit Ocular-Apparaten arbeiteten. Erst vor einigen Jahren hat Pater Respighi in Rom die Fraunhofer'sche Methode mit einem Merz'schen Prisma wieder in Anwendung gebracht und später hat Merz ein vorzügliches Spektralprisma aus reinstem Flintglase für die Sternwarte des Collegio Romano in Rom geliefert. Der brechende Winkel desselben beträgt 12°, sein Durchmesser 6 Par. Zoll = 16 Centimeter.

Trotzdem daß dieses Prisma, an den Objectivtheil gesetzt, die Oeffnung des 9zölligen Refractors mehr als um die Hälfte reducirt, so ist doch die Helligkeit bei Anwendung desselben weit größer, als wenn man bei vollkommen freier Oeffnung des Refractors ein Ocular-Spektroskop à vision directe anwendet. Die Dispersion ist mindestens die 6fache auch des mächtigsten Ocular-Apparates. Die Kosten beliefen sich auf 300 Thlr.

Mit etwas Lichtverlust könnte ein Objectiv-Spektral-Apparat für Sternlichtanalyse auch wohl zur Beobachtung à vision directe eingerichtet werden. In der That hat ein von Merz gefertigtes Prisma à vision directe mit 34 Linien

Oeffnung, aus Crown- und Flintglas bestehend, allen Erwartungen entsprochen.

Um Sonnenflecken oder Protuberanzen zu beobachten wendet P. Secchi entweder das oben erwähnte Merz'sche Prisma an, das er vor das Objectiv des Fernrohrs stellt und läßt dann auf die Spalte des gewöhnlichen Spektroskopes das farbige Bild fallen, welches im Brennpunkte des Fernrohres gebildet wird, oder er stellt, und das ist weniger kostspielig, den Lichtstrahlen, ehe sie sich im Brennpunkte vereinigen, ein Prisma à vision directe entgegen, das eine passende Entfernung von der Spalte des gewöhnlichen Spektroskopes hat.

Wenn man den Sonnenrand auf die Linie C oder eine andere Protuberanzenlinie einstellt, so nimmt man die Chromosphäre und etwaige Protuberanzen, aber nur durch leuchtende Linien, wie bei der ersten Methode Janssen's, wahr. Die wirkliche Form der Protuberanzen kann man (nach Zöllner's Methode) durch Erweiterung des Spaltes sichtbar machen; dann aber wird das vorher deutliche Bild der Sonnenflecken weniger präcis. Behält man die enge Spalte bei, so kann man nicht blos die Höhe der Protuberanzen, sondern auch ihre Lage gegen Flecken und Fackeln, ferner Wasserstoff-, Calcium- und Natriumstrahlen in den Flecken sehr bestimmt wahrnehmen.

Wesentlich mit einander übereinstimmende Methoden zur Beobachtung der Sonnen-Protuberanzen sind von C. Christiansen in Kopenhagen und W. Zencker in Berlin angegeben worden. Es gehört dazu ein Spektroskop, bei welchem in der Ebene, in welcher das Spektrum entsteht, ein zweiter, verschiebbarer Spalt angebracht ist, durch den man aus dem ganzen Spektrum einen beliebigen schmalen Lichtstreifen aussenden kann. Um nun das von einer Objectivlinse entworfene Bild einer größeren Protuberanz auf einmal zu überblicken, erweitert man bekanntlich nach der Zöllner'schen Methode (s. den vorigen Jahrg. S. 24 u. f.) den ersten Spalt; bei der neuen Methode muß auch der zweite Spalt entsprechend erweitert werden. Bei Anwendung mäßiger Dispersion ist indessen auch nur ein mäßiges Erweitern des Spaltes gestattet, wenn nicht die Wahrnehmbarkeit des Bildes leiden soll. Daher ist es bei der Zöllner'schen Methode nur bei den kleinern Bildern kürzerer

Fernröhre bei mäßiger Dispersion möglich, eine ganze Protuberanz auf einmal zu übersehen. Bei der neuen Methode dagegen ist man in der Größe des Gesichtsfeldes fast unbeschränkt. Dieselbe erfordert, daß die Bildebene der Objectivlinsen entweder vor oder hinter der Ebene des Spaltes liege. Nehmen wir die letztere Lage an; so wird durch die durch den Spalt gehenden Strahlen ein Bild entstehen, welches dann, nur umgekehrt und also aufrecht, von den Linsen des Spektroskopes entworfen, hinter dem zweiten Spalte zum Vorschein kommt und hier betrachtet werden kann. Der erste Spalt wird dabei möglichst weit genommen, der zweite darf nicht weiter als jener genommen werden. Zenker giebt, wenn es auf Helligkeit der Bilder ankommt, der Zöllner'schen Methode den Vorzug, doch hält er für größere Bildwinkel die Anwendung des doppelten Spaltes für zweckmäßiger.

Spektroskop von Rexroth in Wetzlar. Auf einem schweren runden Fuße ist eine etwa 10 Centimeter weite cylindrische Röhre A befestigt, die oben durch einen Deckel geschlossen ist. Auf der einen Seite dieses Deckels ist ein Fernrohr von ungefähr 20 Centimeter Länge vertikal angebracht und neben demselben und parallel ist ein anderes Rohr befestigt, welches in einer Höhe von ungefähr 12 Centimetern in der vom Beobachter abgewendeten Seite unter einem rechten Winkel gebrochen ist. An dem Ende des horizontalen, ungefähr 8 Centimeter langen Schenkels befindet sich die durch Schrauben regulirbare Spalte, durch welche die Lichtstrahlen in den Apparat treten. Im Knie der Röhre treffen sie dann rechtwinklig auf ein Glasprisma, werden von der hintern Fläche desselben total reflectirt und gehen nun durch den vertikalen Theil des Rohres, nachdem sie durch eine Linse parallel gemacht worden sind, in die weite Röhre A. Hier treffen sie auf einen Planspiegel und werden nach dem Flintglasprisma reflectirt, von dem aus sie durch das Fernrohr ins Auge gelangen. In gleicher Ebene mit dem brechenden Prisma ist der Austrittsseite des Strahles gegenüber am Mantel der Röhre A ein etwa 12 Centimeter langes Rohr seitlich eingefügt, welches an seinem Ende eine auf Glas photographirte Skala trägt, die durch eine kleine Lampe beleuchtet werden kann. Die mittels einer Linse parallel gemachten, von dieser Skala aus-

gehenden Strahlen gelangen nach der obern Fläche des brechenden Prismas und werden von da durch totale Reflexion ins Fernrohr gesendet, so daß man gleichzeitig Skala und Spektrum sieht.

Als Vortheile des Instrumentes werden gerühmt sein compendiöser Bau bei derselben Wirkung wie größere Instrumente, der unverrückbare feste Zusammenhang der einzelnen Theile, der Ausschluß fremden Lichtes, die bequeme Handhabung und endlich der niedrige Preis (20 Thlr. und 37 Thlr.).

Kleines Universal-Stern-Spektroskop von Sigmund Merz. Dasselbe besteht aus einem einfachen und einem zusammengesetzten Spektroskop à vision directe. Der zusammengesetzte Apparat hat ein Spektralprisma, eine regulirbare Spalte mit Reflexionsprisma zur Flammenvergleichung und cylindrischer Collectivlinse, sowie ein Beobachtungsfernrohr mit Spitzenmikrometer, auch eine kleine Positionsscheibe. Der einfachere Apparat besitzt ein Prisma nebst Cylinderlinse und Ocular. Das Spektralprisma des kleinen Apparates kann abgeschraubt und zwischen Collimator und Spektralprisma des größeren eingesetzt werden, wodurch sich die Dispersion des Spektroskopes verdoppelt. Das Instrument ist dann auch zur Beobachtung der Sonnenprotuberanzen tauglich.

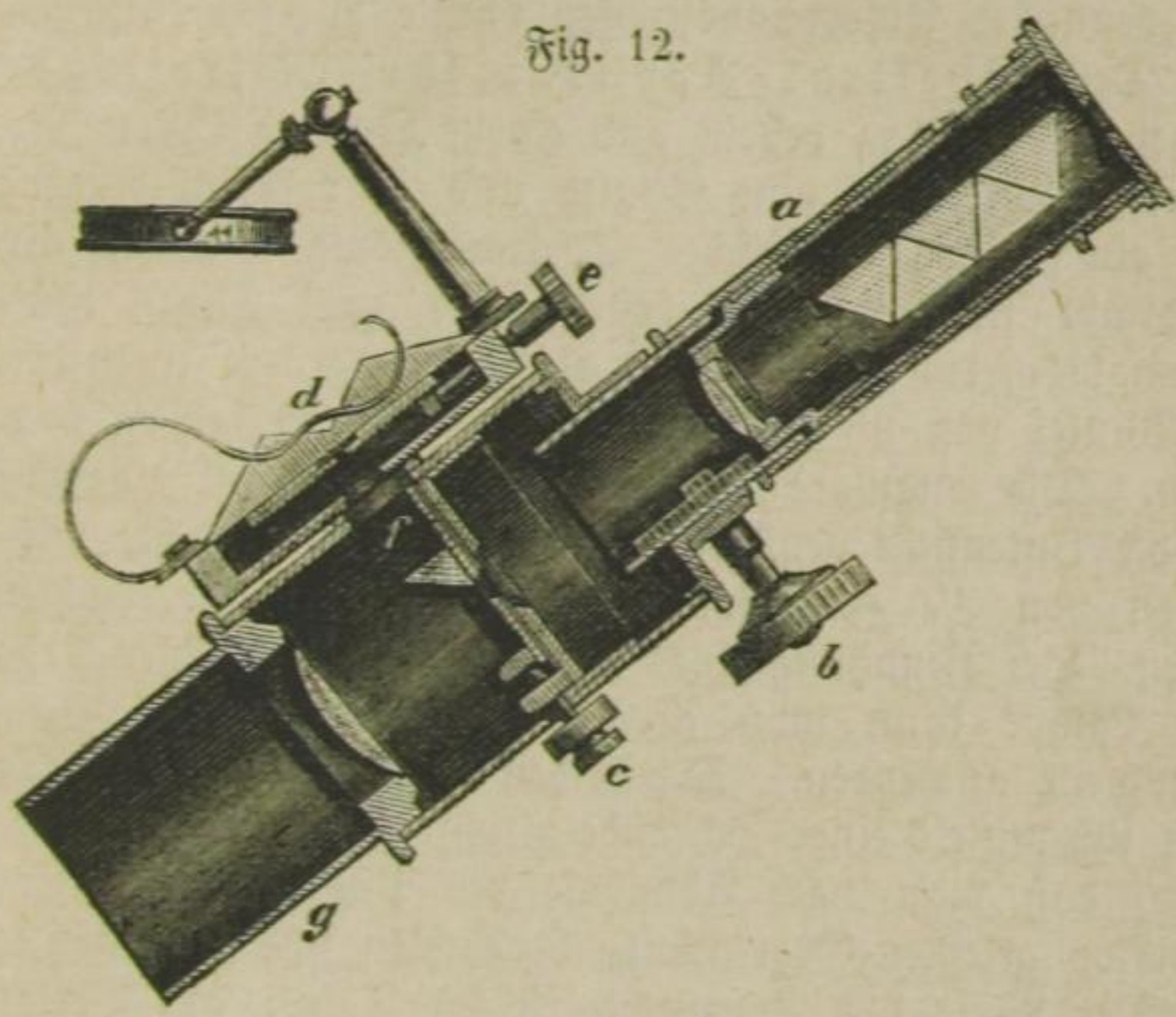
Beigegeben wird ein Sonnenglas. In elegantem Etui kostet das Ganze 120 Thlr.

Von Wichtigkeit für viele Arbeiten ist die Verbindung des Spektroskopes mit dem Mikroskop, und es sind daher in neuer Zeit verschiedene hierher gehörige Apparate construirt worden.

Das Mikro-Spektroskop von Sorby und Browning, welches mittels der Röhre g statt des Oculars auf ein gewöhnliches Mikroskop aufgesetzt wird, ist Fig. 12 im Durchschnitt dargestellt. Die leicht zu entfernende Röhre a enthält ein zusammengesetztes Prisma, aus welchem die Strahlen in derselben Richtung austreten, wie sie auffallen. Unter demselben befindet sich ein achromatisches Ocular, das durch die Schraube b eingestellt wird. Zwischen den Linsen desselben ist, durch die Schraube c und eine dazu rechtwinklige regulirbar, der Spalt angebracht. Um das Licht eines andern Körpers mit demjenigen des unterm Mikroskope befindlichen Körpers vergleichen zu können, ist die seitliche Oeffnung f angebracht;

die durch dieselbe einfallenden Strahlen werden durch die Hypotenusenfläche eines kleinen rechtwinkligen Prismas nach dem zusammengesetzten Prisma hin reflectirt. Flüssigkeiten

Fig. 12.



füllt man in kleine Glasröhren und steckt diese auf den Halter d, das Licht glühender Körper reflectirt man mit einem kleinen Spiegel in die Oeffnung f.

Wie schon erwähnt wird der Apparat mittels der Röhre g statt des Oculars auf das Mikroskop gesetzt, dann schraubt man an letzteres das Objectivglas, legt jetzt den zu untersuchenden Gegenstand auf den Objekttisch und beleuchtet ihn gehörig, nimmt hierauf die Röhre a ab und kann nun gehörig einstellen. Ist dies geschehen, so bringt man a wieder an die richtige Stelle und schließt den Spalt bis zum Erscheinen eines deutlichen Spektrums, was am besten geschieht, wenn das Object ein wenig außerhalb der Brennweite steht.

Da die verschiedenen Theile des Spektrums aus Strahlen von verschiedener Brechbarkeit bestehen, so muß man, um die feineren Linien und Streifen wahrzunehmen, jeden einzelnen Theil des Spektrums mittels der Schraube b für sich richtig einstellen.

Zur Einübung werden Versuche mit Blut, Krappauszug, Lösungen von Anilinroth oder Kaliumpermanganat empfohlen. Die Lösungen dürfen aber nicht zu concentrirt sein, weil sonst statt deutlicher Absorptionsstreifen dunkle Wolken entstehen.

Der Spektral-Apparat für Mikroskope von Sigmund Merz besteht aus einem Oculare (Merz No. 1), in dessen Bildebene eine Spalte und über dessen Augenglaslinse ein kleines Amici'sches Spektralprisma à vision directe angebracht ist. Letzteres besteht aus zwei Flint- und drei Crownglasprismen, von denen die drei innern je einen brechenden Winkel von 90°, die äußeren aber einen solchen von 97° haben. Die angulare Weite des Spektrums ist ungefähr 9° und die Intensität genügend, um im diffusen Lichte mit Objectiven von 1/6 Zoll äquivalenter Brennweite beobachten zu können. Bei Benutzung eines Condensators und einer Argand'schen Lampe kann man aber noch Objective von 1/18 Zoll Brennweite anwenden. Die beiden Stahlschneiden der Spalte lassen sich mittels einer Schraube gleichzeitig soweit aus einander rücken, daß man nach Abnahme des Prismas die unter das Mikroskop gelegten Gegenstände beobachten und einstellen kann.

Der Preis des Apparates ist 24 Thlr.; auf Verlangen werden aber auch Apparate mit abgelenktem Strahle, bei denen ein Einzelprisma genügt, für 12 Thlr. geliefert.

Zur Bestimmung der relativen Lage der Spektrallinien schlägt Merz in die Tischöffnung oder das Beleuchtungsdiaphragma einzuführende Didymglasplatten vor, welche auf Verlangen dem Apparate beigegeben werden.

Der Spektral-Apparat am Mikroskop von E. Abbe, den die optische Anstalt von Carl Zeiß in Jena liefert, ist ein Spektroskop, bei welchem aber die genaue Beobachtung des Spektrums nicht durch ein Fernrohr, sondern durch ein zusammengesetztes Mikroskop erfolgt und welches so eingerichtet ist, daß es sich an jedem Mikroskop mit Leichtigkeit anbringen läßt.

Der Apparat besteht in der Hauptsache aus einem geeigneten Linsensysteme von etwa 25 Millimeter Aequivalentbrennweite und 12—20 Millim. Oeffnung, welches in eine cylindrische Hülse gefaßt und durch Einstecken in die Tischöffnung eines Mikroskopes unterhalb des Tisches derart befestigt wird,

daß seine optische Achse mit der des Mikroskopes zusammenfällt und sein oberer Brennpunkt nahezu in die Tischebene zu liegen kommt. Vor der untersten Linse und durch einen angeschraubten Ring mit der Fassung verbunden ist ein Prisma angebracht, dessen brechende Kante horizontal und rechtwinklig zur optischen Achse des Ganzen liegt und welches sich mittels eines Knopfes beliebig um einen horizontalen Zapfen drehen läßt. In einer Entfernung von 400—500 Millimeter ist dann ein kleines Stativ aufgestellt, welches den lichtgebenden Spalt trägt, der gleichfalls horizontal und in derselben oder etwas größerer Höhe wie das Prisma liegt. Wird nun mittels eines Spiegels Sonnen- oder Wolkenlicht gegen den Spalt geworfen oder befindet sich hinter demselben eine leuchtende Flamme, so gelangen die durchgehenden Lichtstrahlen in horizontaler oder wenig geneigter Richtung zum Prisma, durchdringen dieses unter den Bedingungen der kleinsten Ablenkung und treten, durch die Dispersion in die verschieden gerichteten farbigen Strahlenbüschel zerlegt, in der Richtung der optischen Achse des Linsensystemes aus; durch letzteres wird dann in der gewöhnlichen Einstellungsebene des Mikroskopes ein objectives Bild des Spektrums erzeugt, welches ebenso wie jedes beliebige Object mit dem Mikroskope betrachtet werden kann. Die Einstellung des Mikroskopes nebst Linsensystem in die Richtung der aus dem Prisma tretenden Strahlen hat bei englischen, zum Umlegen eingerichteten Mikroskopen keine Schwierigkeiten. Andernfalls wendet man ein Prisma an, welches außer durch zweimalige Brechung auch noch durch totale Reflexion an der dritten Fläche wirkt.

Die bei Spektroskopen übliche Skala zur Lagenbestimmung der einzelnen Spektrallinien kann leicht und einfach durch ein in das Ocular eingelegtes Glasmikrometer mit etwas starken Strichen und nicht zu engen Intervallen ersetzt werden.

Der ganze Apparat kann übrigens auch leicht für das Studium der Beugungsphänomene geschickt gemacht werden. Zu dem Zwecke wird das Prisma von der Fassung des Linsensystemes entfernt und an seiner Stelle ein Ring angeschraubt, mittels dessen sich die nöthigen Objecte, feine Oeffnungen verschiedener Form, Glasgitter ꝛc. vor der untersten Linse befestigen lassen. Um den Lichtstrahlen, die durch den Spalt oder eine

an seine Stelle gesetzte, anders gestaltete Oeffnung gegangen sind, die gehörige Richtung zu geben, kann man sich des am Mikroskope angebrachten Beleuchtungsspiegels, oder auch eines kleinen Reflexionsprismas bedienen.

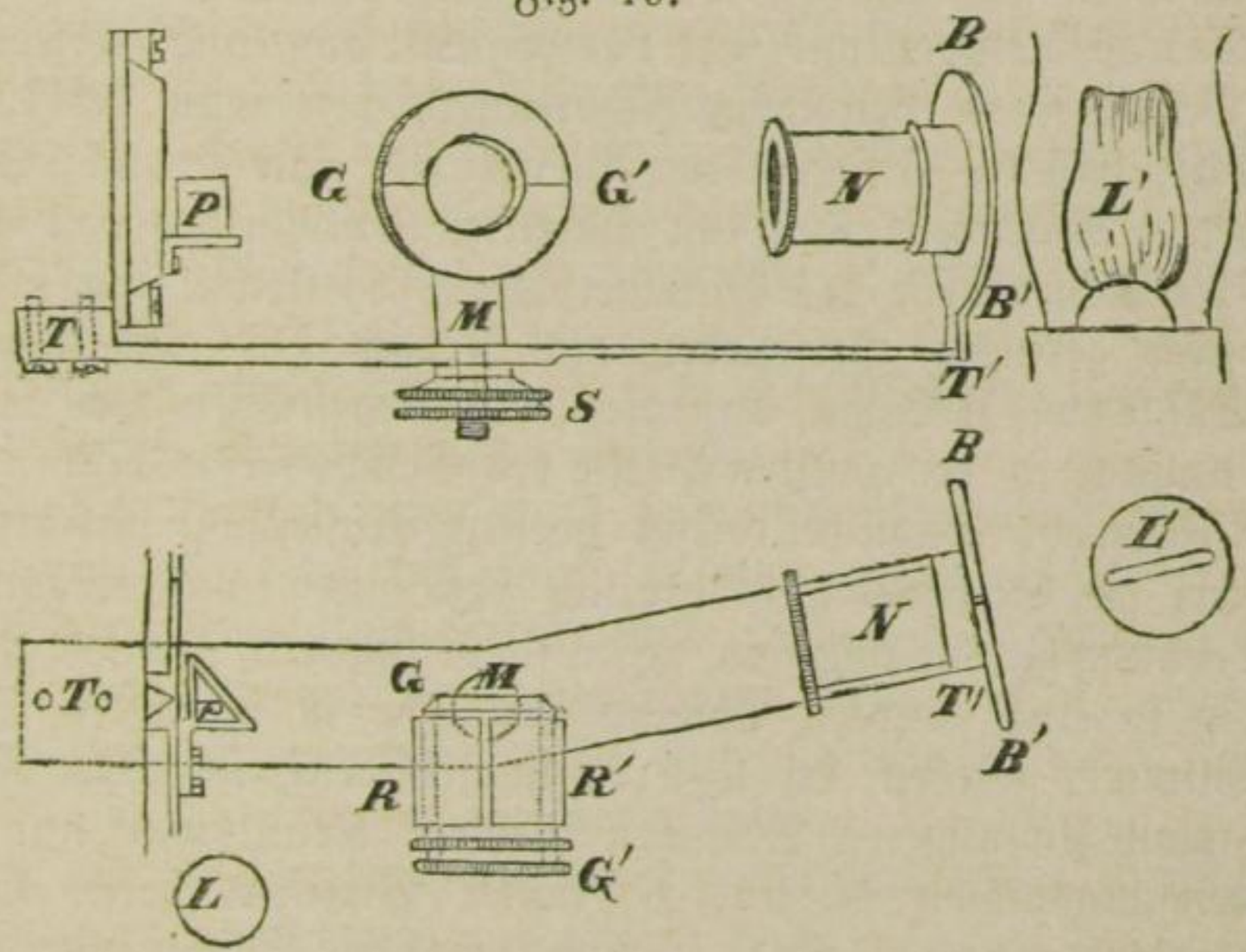
Der Hauptvorzug dieses Apparates besteht darin, daß er sich leicht an jedem guten Mikroskope anbringen läßt und daß also jeder Besitzer eines solchen sein Instrument auf billige Weise zu spektroskopischen und zu Beobachtungen von Beugungserscheinungen brauchbar machen kann.

Vergleichbare Spektralskala. Die gewönlich bei Spektralbeobachtungen angewandten photographirten Skalen haben bekanntlich mancherlei Uebelstände: einmal sind die Angaben verschiedener Apparate, ja selbst die Angaben eines und desselben Apparates bei verschiedener Stellung des Prismas nicht mit einander vergleichbar und dann fehlt eine einfache Beziehung zwischen den Angaben der Skala und den Wellenlängen der Lichtstrahlen. A. Weinhold hat nun darauf aufmerksam gemacht, daß die Interferenzabsorptionsstreifen im Spektrum des von einem dünnen Glimmerblättchen reflectirten Lichtes, welche zuerst Wrede beobachtet hat, sich zu einer Spektralskala gut eignen, weil einestheils die Messungen bei verschiedenen Glimmerblättchen streng vergleichbar und andererseits die beobachteten Abstände verschiedener Farben fast genau proportional den Unterschieden der Schwingungszahlen sind.

Solche dünne Blättchen aus zweiachsigem Glimmer liefert in vorzüglicher Schönheit die Glimmerwaaren-Fabrik von Max Raphael in Breslau. Der Apparat, den Weinhold ersonnen und den der Mechaniker G. Lorenz in Chemnitz zu jedem Spektralapparate anfertigt, ist in Fig. 13 skizzirt, und zwar zeigt ihn die obere Figur von der Seite, die untere im Grundriß. An der festen Schneide des Spaltes eines gewöhnlichen Spektroskopes ist ein kleiner Träger befestigt, der ein gleichschenkliges Prisma P trägt, welches vor der unteren Spalthälfte steht und das Licht durch totale Reflexion ins Spektroskop schickt. Mit der untern Hälfte des Spaltrohres ist ein horizontaler, bei M einen Winkel von 170° bildender Messingstreifen TT′ verbunden; M ist ein in dem Messingstreifen drehbares und durch Anziehen der Schraubenmutter S festzuklemmendes vertikales Säulchen, welches ein kurzes,

horizontales, oben geschlitztes Rohr RR′ trägt, das nicht ganz bis in die Mitte von M vorgeht. In dieses Rohr paßt ziemlich streng ein zweites, vorn an der Außenseite etwas verjüngtes, hinten mit einem geränderten Ansatze versehenes Rohr GG′, auf dessen Vorderseite das Glimmerblatt aufgekittet wird. Bei T′ trägt der Messingstreifen eine geschwärzte Blende BB′, die in der Mitte einen vertikalen Spalt von 1,5 Millimeter Breite hat und auf der nach M gekehrten Seite ein kurzes cylindrisches Ansatzrohr zur Aufnahme eines Nicol'schen Prismas N trägt.

Fig. 13.



Spalt und Nicol müssen so angebracht sein, daß das hindurchtretende Lichtbündel den obern Theil des Spektroskopspaltes bis wenigstens zur Mitte deckt. Man bestimmt nun die Ebene der optischen Achsen des ausgewählten, recht ebenen und gleichmäßig dicken Glimmerblattes und leimt dasselbe auf dem vorderen Rande des Rohres GG′ mittels Canadabalsam derart fest, daß ein auf der Rückseite von GG′ markirter Durchmesser in die Ebene der optischen Achsen fällt, worauf man den vorstehenden Rand des Blättchens abschneidet. Bei L wird die gefärbte Flamme eines Bunsenbrenners aufgestellt, oder man leitet durch einen Spiegel von L her Sonnenlicht auf das Prisma P

und justirt das Spektroskop so, daß man in der einen Hälfte des Gesichtsfeldes die Spektrallinien deutlich sieht. Dann schiebt man das Rohr GG′ soweit in sein Tragrohr RR′ hinein, daß die Mitte des Glimmerblattes gerade vor das Spaltrohr zu stehen kommt und läßt nun durch den Spalt in BB′ Licht auf das Glimmerblatt fallen. Wenn man das Licht der Sonne oder des elektrischen Funkens untersucht, so muß man auch für die Skala sehr weißes Licht, also Sonnenlicht oder das Licht einer Kohlenlampe anwenden. Bei der Untersuchung gefärbter Flammen, von deren Spektrum der hellere Theil zwischen die Linien B und F fällt, reicht man für das Skalenspektrum mit Lampenlicht aus und verwendet am Besten einen Petroleumschlitzbrenner, den man bei L′ so aufstellt, daß die Flamme der Blende BB′ ihre schmale Seite zukehrt. Man stellt nun den markirten Durchmesser von GG′, also die Achsenebene des Glimmerblattes, horizontal und bringt es durch geringes Verschieben des Rohres GG′ und Drehen des Säulchens M dahin, daß die Interferenzstreifen recht scharf und deutlich in der zweiten Hälfte des Gesichtsfeldes erscheinen. Das Fernrohr bleibt bei dieser zweiten Einstellung unverrückt. Sollten die Streifen nicht deutlich oder nicht in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmäßig sein, gehen sie vielmehr in gewisser Höhe gabelig in einen andern Abstand über, so ist im ersten Falle der Glimmer uneben, im letzteren ungleich dick, in jedem Falle muß man ein anderes Blättchen wählen. Kennt man nun die Schwingungszahlen N_0 und N_1 zweier Streifen, deren Ordnungszahlen 0 und s_1 sind, so findet man die Schwingungszahl N_2 eines Streifens von der Ordnungszahl s_2 nach der Formel

$$N_2 = N_0 + \frac{s_2}{s_1} (N_1 - N_0).$$

Die Constanten N_0 und N_1 können als Schwingungszahlen Fraunhofer'scher Linien gewählt werden. Diese Linien bilden zugleich ein Mittel, die Genauigkeit der Methode zu prüfen, was indessen hier nicht weiter besprochen werden kann.

Ueber den Einfluß der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spektra glühender Gase hat F. Zöllner der sächs. Gesellsch. der Wissensch. eine Arbeit vorgelegt, deren Hauptgedanken und Ergebnisse hier folgen.

Jeder gasförmige Körper kann mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der von ihm ausgehenden Strahlen in zwei wesentlich von einander verschiedenen Zuständen existiren: diese Strahlen lassen sich nämlich entweder in ein discontinuirliches Spektrum mit stark hervortretenden Maximis der Helligkeit ausbreiten, oder sie geben ein continuirliches Spektrum. Beide Zustände sind, gleich den Aggregatzuständen, nur vom Druck und von der Temperatur abhängig und es ist experimentell nachgewiesen, daß im Allgemeinen durch Steigerung der Temperatur und des Druckes der spektral-discontinuirliche Zustand in den spektral-continuirlichen übergeht. Zöllner glaubt nun aus der beiden Zuständen gemeinsamen Transparenz des glühenden Körpers und einer von Kirchhoff in seiner Abhandlung „Ueber das Verhältniß zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht" behandelten Formel folgende Erscheinungen erklären zu können:

1. die Verbreiterung der Linien discontinuirlicher Gasspektra durch Steigerung des Druckes,
2. die Verwandlung eines discontinuirlichen Spektrums in ein continuirliches durch Steigerung des Druckes,
3. die Continuität der Spektra glühender Körper im festen oder flüssigen Aggregatzustande,
4. die Abhängigkeit des Intensitätsverhältnisses zweier Spektrallinien vom Drucke und
5. die Abhängigkeit der Spektra verschiedener Ordnung von der Temperatur.

Durch einfache mathematische Betrachtungen wird zunächst nachgewiesen, daß das Helligkeitsverhältniß zweier benachbarten Stellen eines discontinuirlichen Spektrums bei Vermehrung der leuchtenden Schichten oder bei Vergrößerung des Absorptions-Coëfficienten derselben Schicht stetig abnimmt bis zu demjenigen Werthe, welcher für dieselbe Wellenlänge und dieselbe Temperatur dem continuirlichen Spektrum eines für die gegebene Dicke vollkommen undurchsichtigen und schwarzen Körpers entspricht. Diese Abnahme des Helligkeitsverhältnisses zweier benachbarter Theile bei gleichzeitiger Zunahme der absoluten Werthe ihrer Helligkeiten muß aber dem Auge als eine Verbreiterung der betreffenden Linie durch Verminderung der

Schärfe ihrer Ränder und als ein allmäliger Uebergang in ein continuirliches Spektrum erscheinen.

Dieselbe Wirkung wie eine Vermehrung der Schichten vermag aber auch unter übrigens gleichen Umständen die Zunahme der Dichtigkeit eines leuchtenden Gases zu äußern, denn die Größe der Absorption ist nur von der Anzahl und nicht von der Vertheilung der wirkenden Theilchen abhängig. Letzterer Satz gilt wenigstens bei verhältnißmäßig geringer Dichtigkeit. Es erklärt sich so, daß bei steigendem Drucke eine Verbreiterung der Spektrallinien stattfinden muß, welche allmälig in die Continuität des ganzen Spektrums übergeht.

Berücksichtigt man nun, daß dieselbe Wirkung auch, wie schon oben erwähnt, durch Vergrößerung des Absorptions-Coëfficienten bewirkt wird und daß dieser bei tropfbarflüssigen und festen Körpern viel größere Werthe besitzt, als bei gasförmigen, so erklärt sich, weshalb die Spektra fester und tropfbarflüssiger Körper im Allgemeinen continuirlich sind.

Im weitern Verlaufe der Untersuchung ergiebt sich dann, daß bei stetiger Verminderung der Dichtigkeit eines glühenden Gases, während die Temperatur constant bleibt, die Zahl der Linien im Spektrum desselben vermindert und schließlich das ganze Spektrum auf eine einzige Linie reducirt werden muß, deren Lage von der Temperatur und Qualität des Gases abhängt. Es stimmen mit diesem Ergebnisse überein die Resultate der Experimente von Frankland und Lockyer. Dieselben beobachteten nämlich, daß unter gewissen Bedingungen des Druckes und der Temperatur das sehr complicirte Spektrum des Wasserstoffgases in eine einzige, der Fraunhofer'schen Linie F entsprechende grüne Linie, und ebenso das complicirte Spektrum des Stickstoffes in eine helle grüne Linie überging, ohne alle Spuren stärker brechbarer schwacher Linien.

Zöllner macht indessen darauf aufmerksam, daß diese Beobachtungen nicht ohne Weiteres einen Schluß gestatten auf die Temperatur derjenigen Himmelskörper, welche, wie eine große Anzahl von Nebeln, einfache Spektra zeigen; denn für eine jede Temperatur kann bei hinreichender Verdünnung des glühenden Gases das Spektrum auf eine einzige Linie reducirt werden, deren Lage bei einem und demselben Stoffe nur von der Temperatur abhängig ist. Mit Rücksicht auf den früher

erwähnten Satz von der Aequivalenz der Dichtigkeit und Dicke der strahlenden Schicht kann man sogar behaupten, „daß diejenigen Werthe der Temperatur und Dichtigkeit, bei welchen ein Gas in einer Geißler'schen Röhre so einfache Spektra zeigt, auch nicht entfernt mit denen der Nebel übereinstimmen können, indem bei diesen die ungeheure Dicke der strahlenden Schicht eine fast unendlich größere Verdünnung des leuchtenden Gases voraussetzt." Andererseits gestattet natürlich auch die Continuität eines Nebelspektrums keinen bestimmten Schluß auf die Dichtigkeit desselben.

Indessen läßt sich doch wenigstens eine Grenze angeben, unter welcher die Temperatur eines Nebels mit continuirlichem Spektrum nicht liegen kann. Erhitzt man nämlich einen möglichst vollkommen schwarzen, undurchsichtigen Körper, etwa ein Stückchen Kohle durch den Strom einer galvanischen Batterie und erzeugt aus dem ausgestrahlten Lichte ein Spektrum, so ist die Temperatur der glühenden Kohle so lange niedriger als die Temperatur des mit discontinuirlichem Spektrum leuchtenden Gases, als die Helligkeit des continuirlichen Kohlenspektrums an der Stelle, welche einer hellen Linie des Gasspektrums entspricht, kleiner oder ebensogroß ist als die Helligkeit dieser Linie. Durch Vergleichung der Helligkeit einer Linie des Nebelspektrums mit der Helligkeit der entsprechenden Stelle des Kohlenspektrums kann man also, unter Vernachlässigung der Absorption im Weltraume und mit Berücksichtigung der Absorption in unserer Atmosphäre, eine untere Grenze für die Temperatur des Nebels ermitteln, sobald es gelungen ist, die Temperatur der glühenden Kohle zu bestimmen.

Die Abhängigkeit der Lage der Linien eines discontinuirlichen Spektrums von der Temperatur und Qualität der glühenden Gase reicht nach Zöllner auch aus, um das merkwürdige, von Plücker entdeckte Phänomen der „Spektra verschiedener Ordnungen" zu erklären. Denn es zeigt sich, daß sich das Helligkeitsverhältniß zweier benachbarter Stellen des Spektrums durch Temperaturveränderungen umkehren und an die Stelle des früheren Maximums ein Minimum treten kann. Anders ist die Wirkung von Druckveränderungen; durch Steigerung des Druckes kann nämlich ein vorhandener Intensitätsunterschied benachbarter Theile des Spektrums nur zum Ver-

schwinden gebracht, nicht aber umgekehrt werden. Zeigen daher zwei Spektra eines und desselben glühenden Gases eine solche Verschiedenheit, daß für Strahlen irgend einer Brechbarkeit einem Maximum des einen Spektrums ein Minimum des andern entspricht, so müssen nothwendig die den beiden Spektren zugehörigen Temperaturen verschiedene sein. Die Entstehung der Spektra verschiedener Ordnungen wird sich daher vorzugsweise durch Veränderungen der Temperatur, nicht des Druckes erklären lassen.

Im Bezug auf die Verwandlung eines discontinuirlichen Spektrums in ein continuirliches durch Steigerung der Dichtigkeit bei verschiedenen Temperaturen findet Zöllner den bemerkenswerthen Satz, daß das Intensitätsverhältniß zweier benachbarter Stellen eines Spektrums sich um so schneller mit der Dichtigkeit ändert, je größer das Absorptionsvermögen an den betreffenden Stellen ist, und da das letztere im Allgemeinen bei höherer Temperatur auch einen höheren Werth besitzt, so wird sich ein discontinuirliches Spektrum mit Steigerung der Dichtigkeit um so schneller in ein continuirliches verwandeln, je höher die Temperatur des glühenden Gases ist.

Aus dieser Einwirkung des Absorptionsvermögens folgt noch ein anderer merkwürdiger Satz. Obschon nämlich das Maximum der Helligkeit einer Linie durch Dichtigkeitsänderungen allein nie verschoben werden kann, so wird doch die Mitte einer durch Druckerhöhung verbreiterten Linie eine Verschiebung nach derjenigen Seite des Spektrums hin erleiden, auf welcher das glühende Gas größere Werthe des Absorptionsvermögens besitzt. Man darf daher aus der Verschiebung der Mitten ungleich breiter Linien desselben Stoffes in verschiedenen Lichtquellen nicht ohne Weiteres auf eine Veränderung der Brechbarkeit in Folge einer Annäherung oder Entfernung des leuchtenden Körpers schließen. Erst dann wird dieser Schluß gerechtfertigt erscheinen, wenn diese Verschiebung an mehreren Linien desselben Stoffes in qualitativ und quantitativ gleicher Weise auftritt.

Die Verbreiterung der Linien durch Vergrößerung der Dampfdichte des glühenden Gases kann man sehr einfach an den Natriumlinien nachweisen, wenn man durch mehr oder weniger tiefes Einschieben einer Salzperle in die Flamme eines

Bunsenbrenners verschiedene Mengen Natriumdampf in der Flamme entwickelt. Dabei zeigt sich nun, daß bei geringen Mengen die Linien fein und scharf, bei großen Mengen stark verbreitert und an den Rändern verwaschen erscheinen, indessen verbreitert sich hierbei die stärker brechbare der beiden Natronlinien viel mehr als die andere, so daß bei der größten Dampfmenge, welche in der angegebenen Weise entwickelt werden kann, die stärker brechbare Linie reichlich noch einmal so breit ist, als die andere. Eine Verschiebung der Mitte war mittels des Reversionsspektroskopes (s. vorig. Jahrg. S. 49) bei der stärker brechbaren der beiden Linien D nicht wahrzunehmen, wohl aber zeigte sich mit zunehmender Helligkeit eine äußerst geringe Verschiebung im Sinne einer Verminderung der Brechbarkeit bei der andern Linie.

Will man aber etwa dieser Beobachtung, als zu unsicher, kein Gewicht beilegen, so verweist Zöllner auf eine interessante Beobachtung des Dr. J. J. Müller in Leipzig, die nicht wohl anders als durch die Annahme einer unsymmetrischen Verbreiterung der einen oder der andern Natronlinie erklärt werden kann. Müller fand nämlich, daß die Newton'schen Interferenzstreifen, welche in einer planparallelen, 5 Millimeter dicken Glasplatte bei einer Wegdifferenz von ungefähr 2000 Undulationen durch homogenes Natronlicht erzeugt werden, sich fast um den ganzen Abstand zweier Ringe verschieben, wenn die Intensität der Natronflamme geändert wird. Mit dieser Verschiebung ist zugleich bei wachsender Intensität eine Verminderung der Schärfe der Ringe bis zum vollständigen Verschwinden verbunden, wie dies durch die in der Verbreiterung der Linien ausgesprochene Verminderung der Homogenität des Lichtes bedingt ist. Die Größe und Richtung dieser Verschiebung deutet auf eine Verminderung der Brechbarkeit des Lichtes, welcher im Spektrum eine Verschiebung der einen oder der andern Natronlinie um $^1/_{200}$ bis $^1/_{100}$ ihres beiderseitigen Abstandes entsprechen würde. Man sieht hieraus, daß diese Methode der Beobachtung viel empfindlicher ist für die besprochene Verschiebung der Mitte der Linien, als das Spektroskop.

Weitere Anwendungen der hier entwickelten Sätze auf die Ermittelung der physischen Beschaffenheit der Himmelskörper sind von Zöllner in Aussicht gestellt worden.

Die Umkehrung der Natriumlinie, d. h. die Umwandlung der hellen Linie D im Spektrum einer natriumhaltigen Lichtquelle in eine dunkle Linie, wird gewöhnlich auf die Weise bewerkstelligt, daß man schwachglühenden Natriumdampf zwischen einen weißglühenden Körper und den Spalt des Spektroskopes bringt. Der schwachglühende Natriumdampf wirkt dabei absorbirend auf das Licht von der Brechbarkeit der Linie D und verdunkelt daher die betreffenden Stellen des Spektrums. Soll aber wirklich die Linie D merklich dunkel erscheinen, so ist eine bedeutende Helligkeit des weißen Lichtes erforderlich, damit die vom Natriumdampf absorbirte Lichtmenge größer sei, als die von ihm ausgestrahlte. Wie Weinhold gezeigt hat, kann man diese Umkehrung viel leichter bewirken, indem man die Helligkeit der neben der Natriumlinie liegenden Theile des Spektrums entsprechend vergrößert. Zu dem Zwecke stellt man vor den Spalt eines kleinen, nur aus Spaltrohr (ohne Linse) und stark zerstreuendem Prisma bestehenden Spektroskopes eine kleine Petroleumlampe und bringt eine durch Kochsalz intensiv gefärbte Weingeistflamme so zwischen Prisma und Auge, daß sie das ganze Spektrum deckt; sofort erscheint eine sehr deutliche, dunkle Natriumlinie, während dieselbe Weingeistflamme, zwischen Petroleumlampe und Spalt gebracht, die Natriumlinie hell glänzend hervortreten läßt.

Bei der ersten Stellung erscheint das ganze Spektrum durch das ausgestrahlte gelbe Licht erhellt, die Natriumlinie also um den vollen Betrag der Absorption geschwächt. Bei der zweiten Stellung dagegen werden die der Natriumlinie benachbarten Theile des Spektrums gar nicht verändert, diese Linie selbst wird geschwächt durch die Absorption des Natriumdampfes und verstärkt durch dessen eigne Strahlung.

Um die Natriumlinie recht schwarz erscheinen zu lassen, ist es am besten, den Docht erst mit Kochsalz einzureiben und ihn dann von Zeit zu Zeit ein Wenig zwischen den Fingern zu reiben.

Es ist bei den Versuche nothwendig, das Auge für den Spalt zu accomodiren; bei kurzsichtigen Augen ist es für diesen Zweck gut, vor dem Spalte einen Draht quer zu spannen, der die richtige Accomodation finden lehrt.

Quantitative Spektralanalyse. Bei den zahl-

reichen Verwendungen, welche das Spektroskop zeither seitens der Chemiker zur Auffindung einzelner Körper gemacht worden sind, handelte es sich in der Hauptsache immer um qualitative Nachweise. Indessen hat der bekannte Physiker J. Janssen in einer Mittheilung an die Pariser Akademie (30. Nov. 1870) die Grundgedanken eines Verfahrens zu quantitativen Bestimmungen mittels des Spektroskopes mitgetheilt.

Auf der im August 1869 in Exeter abgehaltenen Versammlung der Britischen Gesellschaft zur Beförderung der Wissenschaften hat Janssen bereits angegeben, wie man relativ kleine Mengen Natrium mittels des Spektroskopes nachweisen kann, ohne durch die, aus der Luft herrührenden und fast überall anzutreffenden Spuren dieses Körpers gestört zu werden. Während man in dem Spektrum des blauen, durchsichtigen Theiles einer Gasflamme fast immer die Natriumlinie D wahrnimmt, ist dies für den hellleuchtenden Theil der Flamme nicht mehr der Fall, weil hier die der Linie D benachbarten Theile des Spektrums ebenfalls hell beleuchtet sind. Richtet man nun das Spektroskop auf den hellleuchtenden Theil der Flamme, so daß man ein continuirliches, glänzendes Spektrum erhält, in welchem die Linie D nicht merkbar ist, und bringt dann einen Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit mittels eines vorher einige Minuten lang ausgeglühten Platindrahtes in die Flamme, so wird die Linie D sofort zum Vorschein kommen, wenn sich eine durch die Flamme reducirbare Natronverbindung in der Flüssigkeit befindet. Man kann die Helligkeit der Natriumlinie beliebig abschwächen, wenn man den glänzendsten Theil der Flamme benutzt oder auch zwischen das Spektroskop und die Versuchsflamme mehrere Flammen einschaltet.

Mittels dieses Verfahrens ist es Janssen geglückt, in verschiedenen Pflanzen Natrium nachzuweisen, in denen die Anwesenheit desselben früher zweifelhaft war.

In der Anwendung solcher Hilfsflammen besteht nun auch das wesentlichste Mittel zur quantitativen Spektralanalyse. „Diese Flammen müssen sehr hell sein und dürfen in ihrem Spektrum die Natriumlinie D nicht zeigen; dies ist der Fall bei Leuchtgas, das in gewöhnlichen Brennern brennt. Die Hilfsflammen stellt man zwischen die Versuchsflamme und das Spektroskop, um das gelbe Natriumlicht in einer größern oder

geringeren Menge gewöhnlichen Lichtes zum Verschwinden zu bringen, wodurch man in den Stand gesetzt wird, die relative Helligkeit der Linie D in dem erhaltenen Spektrum beliebig abzuschwächen oder auch dieselbe für jeden Natriumgehalt der Probe immer auf denselben relativen Intensitätsgrad zu bringen. Wenn man dann mit titrirten natriumhaltigen Flüssigkeiten Versuche anstellt und für jede Lösung die Zahl der Flammen bestimmt, welche nöthig sind, um die Linie D auf den gleichen Grad der Sichtbarkeit zu bringen (man kann dafür den Moment wählen, in welchem D sich von dem leuchtenden Hintergrunde des Spektrums abzuheben beginnt), so hat man die nöthigen Unterlagen zu einem Urtheil über den Gehalt einer vorgelegten Natronlösung."

Ein anderes Verfahren glaubt Janssen auf die Zeit gründen zu können, welche das Natrium der zu untersuchenden Substanz braucht, um sich zu verflüchtigen.

In ähnlicher Weise würden auch andere Körper, wie Thallium, Lithium ꝛc., welche sehr charakteristische Linien in ihrem Spektrum besitzen, der quantitativen Spektralanalyse zugänglich sein.

Es sind dies freilich nur vorläufige Ideen, deren weitere Entwickelung und experimentelle Ausbildung Janssen zugesagt hat.

Absorptionsspektra farbiger Flüssigkeiten und Gase. Es ist zuerst von Brewster die Wahrnehmung gemacht worden, daß wenn weißes Licht, z. B. das einer Kerzenflamme, durch eine Schicht gasförmiger Untersalpetersäure hindurchgegangen ist, im Spektrum desselben eine Menge dunkler Bänder auftreten. Dieselben sind von ähnlicher Beschaffenheit wie die Fraunhofer'schen Linien, nur zum Theile breiter und schärfer begrenzt, und wenn auch das Gas nur schwach orange gefärbt ist, treten sie doch im ganzen Spektrum auf, jedoch weniger zahlreich im grünen und blauen Theile, als im rothen und gelben.

Später wurden ähnliche Absorptionsspektra auch bei andern Dämpfen, insbesondere bei Brom und Jod, nachgewiesen.

Das Absorptionsspektrum des Joddampfes ist neuerdings von Rob. Thalén einer sorgfältigen Untersuchung unterworfen worden, über welche eine Abhandlung in

den Verh. der kgl. schwed. Akad. der Wissensch., Jahrg. 1869, ausführlich berichtet. Die Hauptresultate sind folgende:

1. Die dunkeln Streifen, welche man im Spektrum des weißes Lichtes wahrnimmt, wenn man dasselbe durch eine Joddampf-Schicht gehen läßt, dehnen sich nicht auf die ganze Länge des Spektrums aus, sondern nur auf den zwischen Grün und Roth gelegenen Theil.

2. Wenn die Absorption ihr Maximum erreicht, d. h. wenn der absorbirte Theil des Spektrums fast nur einen einzigen continuirlichen Streifen bildet, hält sich der violette Theil noch ohne die geringste Veränderung; von diesem Theile rührt die violette Farbe des Joddampfes her.

3. Die successiven Streifen bilden nicht eine einzige zusammengehörige Reihe, sondern mehrere, mit einander untermengte, wie sich sehr genau aus den periodischen Veränderungen, welche die Intensität der Streifen darbietet, erkennen läßt.

4. Die zu einer gegebenen Reihe gehörigen Streifen sind nicht gleich weit abstehend, sondern ihre gegenseitigen Abstände wachsen fortwährend mit den Wellenlängen, obwohl nicht denselben proportional.

5. Jeder Streifen läßt sich auflösen in mehrere sehr feine Striche, welche unter sich mehr oder weniger regelmäßige Gruppen bilden.

Bei Flüssigkeiten wurden anfangs keine ähnlichen Absorptionslinien beobachtet; namentlich läßt die flüssige Untersalpetersäure nichts von den zahlreichen Absorptionsstreifen des Untersalpetersäure-Dampfes erkennen, wogegen allerdings größere Partien des Spektrums durch dieselbe ganz ausgelöscht werden, die aber mit jenen einzelnen Streifen in keinem Zusammenhang zu stehen scheinen. Neuerdings hat indessen Aug. Kundt bemerkt, daß bei der Untersuchung der Absorption der flüssigen Untersalpetersäure mit Spektralapparaten, die keine zu starke Vergrößerung und zu bedeutende Dispersion haben, und wo möglich mit bloßem Auge, einige verwaschene schwarze Absorptionsbanden in dem Spektrum auftreten, welche besonders hervorragenden Liniengruppen des Untersalpetersäure-Dampfes entsprechen. Am besten ist es nach Kundt's Angabe, wenn man vor den etwas erweiterten Spalt des Spektralapparates, von dem man, um ein höheres Spektrum zu erhalten, das

Vergleichsprisma abgenommen, ein etwa 3/4 Zoll weites Glasrohr, zur Hälfte mit flüssiger Untersalpetersäure gefüllt, vertikal so anbringt, daß die Grenze zwischen Flüssigkeit und Dampf sich gerade in der Mitte des Spaltes befindet. In der obern Hälfte des Spektrums sieht man dann die bekannten dunkeln Gaslinien, in der untern dagegen ist das ganze Spektrum vom blauen Ende bis ins Grün hinein absorbirt. Vom Grün bis zum rothen Ende erkennt man aber drei bis fünf matte schwarze Banden, die mit stark ausgeprägten Liniengruppen im obern Spektrum deutlich übereinstimmen. Wird die Untersalpetersäure etwas abgekühlt, wodurch die Intensität der gesammten Absorption abnimmt, so treten am deutlichsten zwei matte Banden im Grün auf, bei größerer Erwärmung der Flüssigkeit dagegen werden die Banden im Roth deutlicher.

Bisher ist es Kundt nicht gelungen, andere Körper aufzufinden, die im Gas- und Flüssigkeitszustande ein ähnliches Verhalten zeigen, wie die Untersalpetersäure. Er glaubt aber die beobachteten Erscheinungen im Zusammenhang bringen zu dürfen mit der von verschiedenen Seiten beobachteten Verbreiterung der hellen Spektrallinien verschiedener Körper und dem Uebergange aus einem discontinuirlichen in ein continuirliches Spektrum. „Was von den hellen Linien gilt, muß sich auch an den dunkeln zeigen, wenn man die betreffenden Körper nicht als Emittenten, sondern als Absorbenten benutzt. Eine solche Verbreiterung und ein Verwaschenwerden von Absorptionslinien zeigt nun gerade die flüssige Untersalpetersäure. Es ist also dasselbe, was bei gewissen Gasen durch Vermehrung des Druckes erreicht wird, hier dadurch hervorgebracht, daß die Substanz, in Folge des Druckes, in den flüssigen Zustand übergegangen ist, während bei demselben Drucke im Gase die Absorptionslinien noch deutlich und scharf sind."

Anfangs glaubte man, daß Flüssigkeiten und feste Körper überhaupt keine scharfen Absorptionslinien, sondern größere dunkle Absorptionsflächen im Spektrum veranlassen. Indessen beobachtete schon Brewster, daß wenn weißes Licht auf eine dünne Schicht von oxalsaurem Chromoxyd-Kali geht, wodurch alles Licht mit Ausnahme des rothen absorbirt wird, im Spektrum ungefähr in der Mitte zwischen den Fraunhofer'schen Linien A und B eine scharf begrenzte dunkle Absorptionslinie

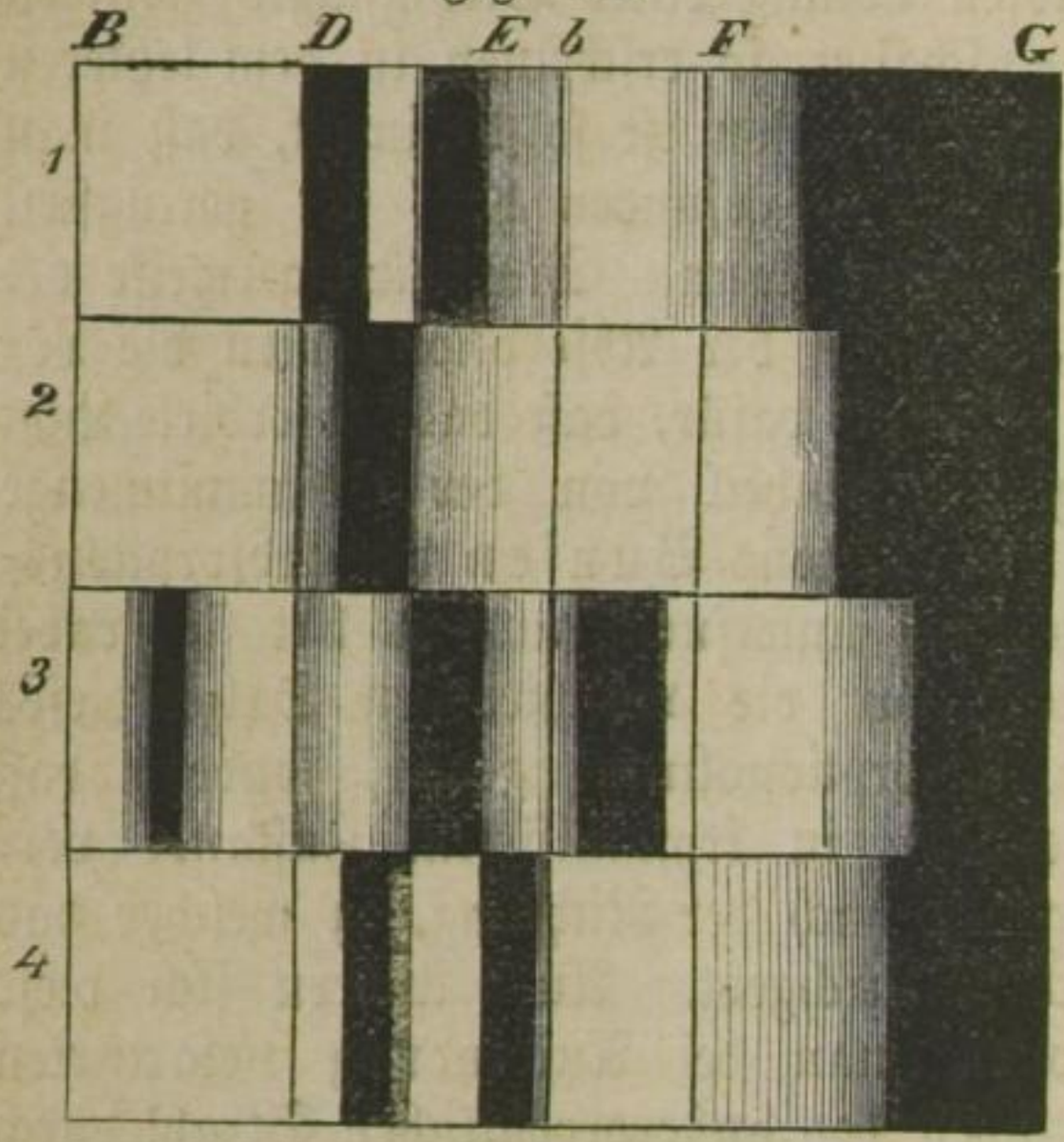
auftritt und später hat man Aehnliches bei verschiedenen Metallsalzen und ihren Lösungen beobachtet. Das auffallendste Beispiel bietet das seltene Metall Didym. Wenn man eine Glaszelle mit der farblosen Lösung eines Didymsalzes zwischen Prisma und Spektrum einschaltet, so erscheinen in dem letzteren schwarze Streifen, und diese Reaction ist so bestimmt, daß man durch dieselbe, wie Gladstone gefunden hat, die geringsten Spuren von Didym nachweisen kann. Merkwürdigerweise erscheint aber trotz der Intensität der Absorptionslinien die Lösung ganz farblos, ein Beweis dafür, daß das absorbirte Licht nur einen ganz geringen Bruchtheil von der Gesammtmenge ausmacht. Neuerdings hat übrigens Bunsen das Absorptionsspektrum des Didyms genauer untersucht, und es hat sich dabei herausgestellt, daß nicht nur die verschiedenen Salze dieses Elementes verschiedene Absorptionslinien geben, sondern daß auch ein und dasselbe Salz in krystallisirtem Zustande verschiedene Spektra erzeugt, je nach der Richtung, in welcher das Licht durch den Krystall hindurchgeht. Auch ändern sich diese Spektra wesentlich, wenn man bei Anwendung polarisirten Lichtes statt des ordentlichen den außerordentlichen Strahl durch den Krystall sendet.

Im Bezug auf die Lösungen von Metallsalzen hat Gladstone gefunden, daß mit sehr wenig Ausnahmen alle Verbindungen einer und derselben Säure oder derselben Basis auch genau dieselben Absorptionsspektra geben; Chrom bildet z. B. zwei Reihen von Salzen, die einen sind roth, die andern grün, aber die Absorptionsspektra stimmen bei beiden überein. Die oben erwähnte Eigenschaft der Didymsalze ist eine Ausnahme von der Regel. Beim Didymoxyd und der Erbinerde haben übrigens Bähr und Bunsen noch eine merkwürdige Eigenschaft nachgewiesen. In der nicht leuchtenden Gasflamme erhitzt, geben nämlich diese Körper ein aus intensiven hellen Linien bestehendes Spektrum, und diese Linien nehmen genau die Stelle der dunkeln Linien im Absorptionsspektrum ein.

Von besonderem Interesse ist das Absorptionsspektrum des Blutes, welches von Stokes genauer untersucht worden ist. Derselbe hat gefunden, daß das Cruorin oder der Blutfarbstoff, ähnlich dem Indigo, in zwei Oxydationsstufen existiren kann, welche sich sowohl durch ihre Farbe, als auch durch ihre Ab-

sorptionsspektren leicht von einander unterscheiden lassen und durch passende Oxydations- und Reductionsmittel in einander überführbar sind. Säuren verwandeln das Cruorin in Hämatin, welches ebenfalls in zwei Modificationen auftreten kann. Stokes hat von diesen verschiedenen Spektren die in Fig. 14 copirten Zeichnungen gegeben. Zu oberst ist das aus zwei dunkeln Bändern bestehende Spektrum des rothen Cruorins angegeben, dann folgt (2) das Spektrum des desoxydirten purpurfarbnen Cruorins mit nur einem einzigen dunkeln Band; 3 und 4 sind die Spektra der beiden Modificationen des Hämatins.

Fig. 14.



Sehr eigenthümlich und charakteristisch sind die Modificationen, welche das Spektrum des Blutes durch selbst kleine Mengen Kohlenoxydgas erleidet, und es können auf diese Weise Vergiftungen durch Kohlenoxydgas leicht nachgewiesen werden. Neuerdings hat man auch gefunden, daß Blausäurevergiftungen sich durch eigenthümliche Abänderungen des Blutspektrums sicher erkennen lassen.

Wir wenden uns nun zu den Erscheinungen der

Fluorescenz.

Ueber diese trotz zahlreicher experimenteller Studien noch immer nicht in allen Punkten aufgeklärten Phänomene hat in neuester Zeit E. Lommel in Erlangen interessante theoretische Ansichten veröffentlicht.

Er beginnt mit einer Analyse der durch Farbenpracht und Lichtstärke ausgezeichneten Fluorescenzerscheinungen, welche eine

alkoholische Lösung der unter dem Namen „Magdalaroth" (Rose de Magdala) bekannten Anilinfarbe zeigt. Eine solche, prächtig orangegelb fluorescirende Lösung zeigte zuerst Zech auf der Naturforscherversammlung in Innsbruck im Jahre 1869 vor.

Wenn man ein reines Sonnenspektrum auf die Oberfläche dieser Flüssigkeit fallen läßt, so bemerkt man, daß die Fluorescenz zwischen den Fraunhofer'schen Linien C und D beginnt und sich in derselben orangegelben Nüance ohne Unterbrechung bis über das violette Ende des Spektrums hinaus erstreckt. Bei weitem am stärksten ist sie im Grüngelb hinter D, dann nimmt sie ab, erreicht aber im Grün, zwischen E und b ein zweites, weniger lichtstarkes Maximum, nimmt dann allmälig ab, scheint indessen im Violett nochmals zu einem dritten, weniger bestimmt ausgeprägten Maximum anzuschwellen, und verschwindet allmälig im Ultraviolett.

Zieht man dieses fluorescirende Spektrum durch eine Cylinderlinse zu einem schmalen Streifen zusammen und untersucht diesen mit einem Spektroskop à vision directe, so zeigt sich das abgeleitete Spektrum des Fluorescenzlichtes aus Roth, Orange-Gelb und Gelblich-Grün zusammengesetzt, am intensivsten ist das Gelb. Wie es scheint, entspricht das Roth, mit welchem dies Spektrum anfängt, derselben Stelle des abgelenkten Sonnenspektrums, bei welchem im fluorescirenden Spektrum die Fluorescenz beginnt.

Die große Intensität des Fluorescenzlichtes des Magdalaroths gestattet, dasselbe in gewöhnlichem Tages- oder Kerzenlicht spektroskopisch zu untersuchen. Lommel sah zu dem Zwecke entweder durch ein Merz'sches Universalspektroskop auf die fluorescirende Oberfläche oder er richtete den Spalt eines Steinheil'schen Universalspektroskopes auf die in einem Glasgefäße befindliche Flüssigkeit. Dabei zeigte sich, daß die Fluorescenz gleich hinter der Fraunhofer'schen Linie C, nach D hin, beginnt, bis unmittelbar vor D an Intensität zunimmt, und bald jenseits dieser Linie aufhört.

Versuche mit Natriumlicht im dunkeln Zimmer mittels Bunsenbrenner und Kochsalzperle erzeugt, ergaben ein Fluorescenzspektrum von gleicher Ausdehnung. Es erregt also das homogene gelbe Natriumlicht nicht blos schwächer

brechbare rothe und orangegelbe Strahlen, sondern auch gelbe von gleicher und grünlichgelbe von größerer Brechbarkeit.

Ebenso constatirte Lommel, daß das rothe Licht, welches durch ein Kupferoxydulglas (sogenanntes Rubinglas) durchgeht, nicht blos rothe, sondern auch stärker brechbare gelbe und grüngelbe Strahlen hervorruft.

Dies steht aber in entschiedenem Widerspruch zu dem von Stokes aufgestellten Gesetze, wornach bei der Fluorescenz die Brechbarkeit der einfallenden Strahlen stets vermindert wird. Dieser Satz ist sonach kein „Naturgesetz", sondern nur eine, allerdings für die Mehrzahl der Fluorescenzerscheinungen zutreffende Regel. Lommel mißt gerade der allgemeinen Annahme „daß die Fluorescenz ein Vorgang sei, bei welchem stets brechbare Strahlen in weniger brechbare umgewandelt werden", die Schuld dafür bei, daß uns die Einsicht in das Wesen der Fluorescenz bis jetzt verschlossen geblieben.

Da sämmtliche erregende Strahlen von dem fluoresciren-den Körper absorbirt werden, so glaubte Lommel die mit der Fluorescenz verbundene Absorption berücksichtigen zu müssen. Er bestimmte deshalb die Absorption des Magdalarothes bei verschiedenen Concentrationsgraden. Dabei stellte sich nun heraus, daß das fluorescirende Spektrum an derselben Stelle beginnt, wie das in concentrirter Lösung absorbirte, und daß einem jeden Maximum der Absorption an derselben Stelle auch ein Maximum der Fluorescenz entspricht.

Die Thatsache, um deren Erklärung es sich hier handelt, ist sonach folgende: Jeder absorptionsfähige Lichtstrahl erregt die Flüssigkeit gleichsam zum Selbstleuchten, und zwar ruft jeder homogene Lichtstrahl die nämliche zusammengesetzte Fluorescenzfarbe hervor. Zur Erklärung betrachtet Lommel nun zuerst die Vorgänge bei der Absorption etwas näher.

Nach dem Euler'schen, von Kirchhoff zu allgemeiner Anerkennung gekommenen und in neuester Zeit in der Spektralanalyse der Himmelskörper so glänzend bewährten Principe, absorbirt ein Körper alle Lichtstrahlen, mit deren Schwingungszahlen seine kleinsten Theilchen selbst zu schwingen vermögen.

Ein jedes Körpermolekül müssen wir uns vermöge seines speciellen Aufbaues aus Atomen und der zwischen diesen wirkenden Kräfte gleichsam auf eine gewisse Anzahl einfacher pendelartiger Schwingungen abgestimmt denken. Wird nun das Molekül von einer Welle von gleicher Schwingungsdauer getroffen, so setzt diese durch ihre in gleichem Takt wiederholten Stöße das Molekül in Bewegung oder verstärkt dessen schon vorhandene Bewegung. Die lebendige Kraft der Welle geht dann ganz oder theilweise an das Körpermolekül, der Wellenzug tritt gar nicht oder nur geschwächt wieder aus dem Körper heraus, er erleidet hier eine Absorption. Das Ganze erinnert an den Vorgang, den die Akustik als „Resonanz" bezeichnet. Eine Saite erklingt, wenn in ihrer Nähe eine gleichgestimmte angeschlagen wird, aber die letztere verstummt eher, als wenn sie allein klingt, weil ein Theil ihrer lebendigen Kraft von der andern absorbirt wird.

Gewöhnlich nimmt man bei mathematischer Behandlung der Schwingungserscheinungen an, daß die Kraft, welche ein aus seiner Gleichgewichtslage abgelenktes Molekül wieder nach derselben hinzieht, der Entfernung direct proportional sei, und aus dieser Annahme ergiebt sich u. a. auch das oben erwähnte Euler'sche Princip. Diese Annahme selbst aber mag wohl für den freien Aether maßgebend sein, da sie auf der Annahme basirt, daß die Ablenkung aus der Gleichgewichtslage, verglichen mit dem gegenseitigen Abstande der schwingenden Theilchen, verschwindend klein sei; auf die Schwingungen der Atome innerhalb der einzelnen Moleküle ist sie aber wohl kaum anwendbar. Nimmt man, wie dies schon früher Helmholtz in seiner Theorie der Combinationstöne gethan hat, an, daß die zwischen den Atomen innerhalb eines Moleküles thätigen elastischen Kräfte außer von der ersten Potenz auch vom Quadrate der Elongation abhängen, so ergiebt sich außer dem Euler'schen Princip auch noch das folgende: Ein Körper absorbirt auch diejenigen Strahlen, deren Schwingungszahlen doppelt so groß oder halb so groß sind, als die seiner eigenen Moleküle.

Lommel schlägt für den Euler'schen Satz den Namen „Princip der directen Absorption" oder „der Ab-

sorption durch Einklang", für den zuletzt erwähnten Satz aber die Bezeichnung „Princip der indirecten Absorption" oder „der Absorption durch die nächst tiefere oder nächst höhere Octave" vor.

Begreiflicherweise wirkt die directe Absorption energischer als die indirecte, die Absorption durch die tiefere Octave energischer, als die durch die höhere.

Ein Körpermolekül wird aber in der Regel nicht blos einer, sondern einer größeren Anzahl, unter sich unharmonischer Schwingungen fähig sein, von denen die einen leichter, die andern schwieriger ansprechen, und allemal, wenn das Molekül auf irgend eine Art in Schwingungen versetzt wird, werden alle jene Vibrationen mit erregt werden, ähnlich wie bei einer Metallplatte, wenn wir sie durch Schlagen oder Streichen zum Tönen bringen, nicht blos ein einzelner Ton, sondern noch eine Masse von unharmonischen Obertönen erklingt, was den Klang für unser Ohr so unangenehm, rasselnd macht. Durch besondere Hindernisse können wir allerdings in der schwingenden Platte einzelne Obertöne unterdrücken, aber wir haben keinen Grund, solche Hindernisse in den Körpermolekülen vorauszusetzen und sind daher wohl zum Ausspruche des Satzes berechtigt: Wenn ein Molekül durch (directe oder indirecte) Absorption in schwingende Bewegung versetzt wird, so erklingt es nicht blos in der Schwingungsperiode der absorbirten Welle (beziehentlich ihrer nächst niederen Octave), sondern sämmtliche ihm eigenthümliche Schwingungsperioden klingen mit.

Mittels dieser Sätze erklärt nun Lommel die Vorgänge bei der Fluorescenz des Magdalarothes. Eine concentrirte Lösung dieser Farbe läßt, wie schon oben erwähnt, nur die äußersten Strahlen im Roth durch bis zu der Stelle in der Nähe von C (etwas nach D hin), wo die Fluorescenz beginnt. Bei einer verdünnteren Lösung geht etwas mehr Roth und auch ein wenig Violett durch und bei einer ganz schwach rosenroth gefärbten Lösung beobachtete Lommel einen schwarzen, nach der Seite das Roth scharf begrenzten, nach dem Grün hin verwaschenen schwarzen Absorptionsstreifen jenseits D, sowie einen andern zwischen E und b, das etwas geschwächte Blau und Violett aber war fast bis H sichtbar. Lommel nimmt nun an,

„daß das Molekül des Magdalaroths zu schwingen vermöge mit den Schwingungszahlen des Roth, Orange und Gelb (ungefähr von C bis über D), dagegen nur in den nächst tiefern Octaven der gelbgrünen, grünen, blauen und violetten Strahlen, wobei nicht ausgeschlossen bleibt, daß auch für das genannte Roth, Orange und Gelb noch die tiefere Octave mitklingt. Die Absorption erfolgt also im größten Theile des Spektrums durch die nächst tiefere Octave, nur zwischen C und D auch durch Einklang. Durch jede absorbirte einfache Wellenbewegung, sei dieselbe roth, oder grün, oder violett, wird das Molekül in die nämliche, ihm eigenthümliche zusammengesetzte schwingende Bewegung versetzt oder darin bestärkt, und zwar am lebhaftesten durch diejenigen Wellen, welche am vollkommensten absorbirt werden. Da von den sichtbaren Strahlen das Roth, Orange und Gelb innerhalb der bereits mehrfach angegebenen Grenzen zu den Eigentönen des Moleküles gehören, so wird es, lebhaft bewegt, in einer aus diesen Tönen gemischten Farbe selbstleuchten, d. h. fluoresciren, während die ebenfalls mitklingenden tiefern Octaven des Grün, Blau und Violett, als zum unsichtbaren ultrarothen Theile des Spektrums gehörig, für unser Auge unsichtbar bleiben."

Die Frage, warum das gewöhnliche Anilinroth, welches doch ähnliche Absorptionserscheinungen zeigt, nicht auch fluorescirt, beantwortet Lommel dahin: „weil dasselbe leuchtende Strahlen nur durch die nächst tiefere Octave, dagegen keine durch Einklang absorbirt, weil es demnach die Fähigkeit nicht besitzt, leuchtende Schwingungen auszusenden."

Der Fluorescenz des Magdalarothes analog ist die des Chlorophylls oder Blattgrüns. Wenn man in die grasgrüne alkoholische oder ätherische Lösung dieses Körpers mittels einer Convexlinse einen Kegel von Sonnenlicht wirft, so erscheint derselbe innerhalb der Flüssigkeit blutroth.

Diese im Jahre 1833 von Brewster entdeckte, später von Stokes (1852 und 1864), Angström (1853), Salm-Horstmar (1854—56), Harting (1855), Simmler (1861), Pierre (1866) und Thudichum (1867) genauer studirte Erscheinung ist neuerdings wieder von Eduard Hagenbach in Basel zum Gegenstand einer eingehenden Arbeit gemacht worden. Ein kurzes Referat über dieselbe mag hier

eingeschaltet werden, ehe wir in der Auseinandersetzung der Lommel'schen Theorie fortfahren.

Zur Herstellung der Chlorophyllösung wurden Hollunder- oder Spinatblätter (besonders geeignet ist eine feinblättrige Spinatvarietät) genommen; dieselben wurden zerhackt und entweder kalt mit Aether oder warm mit Alkohol ausgezogen. Beim Erkalten fällt aus der warmen alkoholischen Lösung ein reichlicher grüner Niederschlag, der sich im Dunkeln längere Zeit unzersetzt hält und wieder aufgelöst werden kann.

Wenn auf die Oberfläche einer Lösung von Chlorophyll ein Sonnenspektrum projicirt wird, so sieht man eine prachtvolle blutrothe Fluorescenz, welche sich über den größten Theil des sichtbaren Spektrums und noch einen Theil des ultravioletten erstreckt, deren Intensität aber ziemlich wechselnd ist. Hagenbach giebt sieben Intensitätsmaxima an, die in Fig. 15 α durch dunklere Schattirung angedeutet sind; in dieser Figur erkennt man zugleich die Lage dieser am hellsten fluorescirenden Streifen gegen die wichtigsten Fraunhofer'schen Linien. Am hellsten ist der Streifen I, ihm zunächst kommt, wiewohl er bedeutend schwächer ist, VII, der in der Gegend von G am intensivsten ist. Die übrigen Streifen treten je nach Umständen mit verschiedener Intensität auf; so zeigt z. B. eine frische Chlorophyllösung keine Spur des Maximums V, welches specifisch dem durch längeres Stehen der Lösung modificirten Blattgrün angehört. Bei diesem bilden aber wieder VI und VII einen zusammenhängenden Streifen.

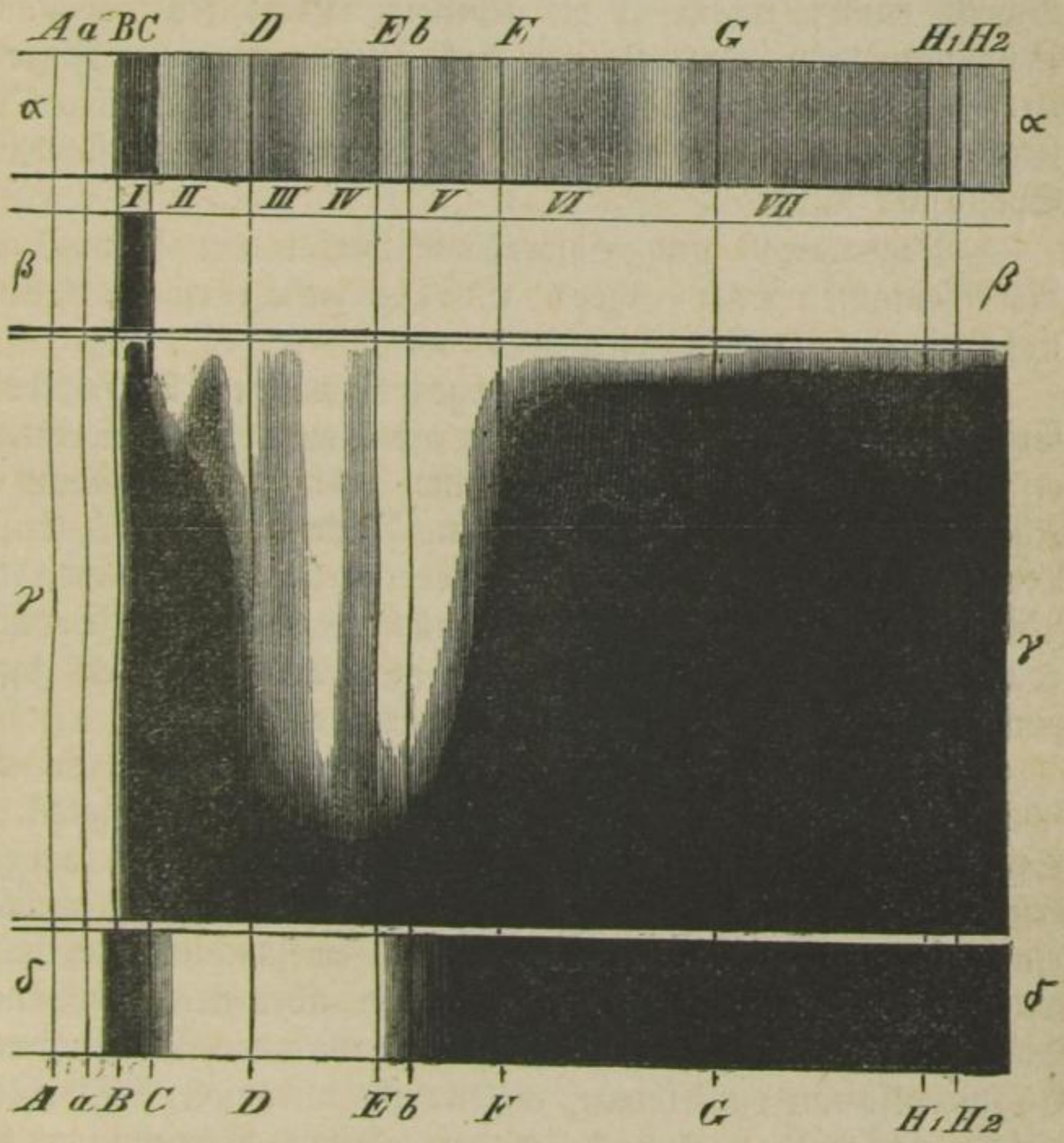
Chlorophyll in ungelöstem Zustande zeigt nach Hagenbach keine Spur von Fluorescenz, mag man das aus der alkoholischen Lösung niedergeschlagene oder das in den Blättern enthaltene untersuchen.

Das Spektroskop wieß im Fluorescenzlicht nur rothe Strahlen nach, und zwar beschränkt sich das Spektrum auf eine ganz kleine Strecke im Roth, wie Fig. 15 β zeigt, wo man sich ebenso wie oben statt der schwarzen und grauen Schattirung eine rothe Färbung zu denken hat.

Im Bezug auf die Absorption des Lichtes von der Chlorophyllösung stellte sich weiter das interessante Resultat heraus, daß jedem hellen Fluorescenzstreifen ein dunkler Streifen im Absorptionsspektrum entspricht, von

denen der erste der bei weitem intensivste ist. Fig. 15 γ zeigt die sogenannte „Absorptionsspektrallinie" oder die Curve, welche sämmtliche Punkte verbindet, bis zu welchen die verschiedenen Strahlen des Spektrums eindringen. Es ist dabei auch der

Fig. 15.



allmälige Uebergang von Hell zu Dunkel und das Halbdunkel in verschiedenen Graden angedeutet. Beim festen Blattgrün dagegen, sowohl dem in den grünen Blättern enthaltenen, als auch dem auf Papier niedergeschlagenen zeigte sich nur im Roth ein Absorptionsstreifen und außerdem verbreitete sich die Absorption vom Blaugrün an gleichförmig über den brechbaren Theil des Spektrums, wie δ in Fig. 15 zeigt.

Die theoretische Erklärung der Fluorescenz des gelösten

Chlorophylls ist nun nach Lommel's Theorie sehr einfach: das Chlorophyllmolekül ist fähig, mit den Schwingungszahlen der Strahlen von B bis C zu schwingen, jedoch nur mit den nächst tiefern Octaven der brechbareren Strahlen, wobei nicht ausgeschlossen ist, daß auch von den Strahlen zwischen B und C die tiefern Octaven vertreten seien. Jeder absorbirte Strahl bewirkt dann, indem er die lebendige Kraft des gesammten Schwingungscomplexes steigert, das Selbstleuchten oder Fluoresciren in den rothen Tönen, welche unter allen Eigentönen des Chlorophyllmoleküles allein in den Bereich des sichtbaren Spektrums fallen.

Magdalaroth und Chlorophyll werden von Lommel als Repräsentanten einer ersten Classe von Fluorescenzerscheinungen betrachtet.

Weit zahlreichere Beispiele zeigt die zweite Classe, deren Erscheinungen bisher vorzugsweise als Typus der Fluorescenzerscheinungen betrachtet worden sind. Als Beispiel kann die Fluorescenz des Aesculins dienen. Wenn man in reines Wasser eine kleine Menge von der zerkleinerten Rinde des Roßkastanienbaumes wirft, so leuchtet dasselbe im Sonnen- oder Tageslicht schön hellblau, wogegen bei Kerzenlicht kaum eine Spur von Fluorescenz zu bemerken ist.

Entwirft man nun zum genaueren Studium der Erscheinung auf der Oberfläche der äsculinhaltigen Flüssigkeit ein Spektrum des Sonnenlichtes, so bemerkt man, daß dasselbe erst im Violett hinter der Linie G Fluorescenzlicht zeigt, welches etwas hinter H seine größte Intensität erreicht und sich dann mit abnehmender Intensität noch weiter über das gewöhnliche Ende des Spektrums hinaus in den ultravioletten Theil erstreckt. Es sind also nur dunkelblaue, violette und ultraviolette Strahlen, welche erregend wirken. In der ganzen Ausdehnung des fluorescirenden Spektrums herrscht überall derselbe bläuliche Farbenton, welcher, wie die Untersuchung mit dem Spektroskop zeigt, aus allen Farben vom Roth bis zum Violett zusammengesetzt ist, denn das Spektrum des Fluorescenzlichtes erstreckt sich vom Roth, ungefähr von der Fraunhofer'schen Linie C an bis in die Mitte zwischen G und H. Jeder einfache Lichtstrahl, er sei dunkelblau, violett oder ultraviolett, erregt immer die nämliche aus unzählig vielen einfachen Lichtarten zusammen-

gesetzte Fluorescenzfarbe. Selbstverständlich werden alle erregenden Strahlen auch von der Aesculinlösung absorbirt, und die Absorption beginnt genau an der Stelle des Spektrums, wo auch der erste Schimmer von Fluorescenz auftritt.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen nimmt nun Lommel an, daß das Aesculinmolekül in den Perioden jener dunkelblauen, violetten und ultravioletten Strahlen zu schwingen fähig sei, dagegen nicht in den Perioden der übrigen sichtbaren Strahlen, noch in deren tieferen Oktaven. Jene brechbareren Strahlen werden also direct absorbirt, die übrigen leuchtenden Strahlen weder direct, noch indirect, sie werden vielmehr ungehindert durchgelassen und die Lösung erscheint im durchgehenden Lichte farblos.

Hiernach müßte jedes Aesculinmolekül selbst leuchten und fluoresciren in den Farben, welche es direct absorbirt hat. Daß wir aber das äußerste Violett nicht im Fluorescenzlichte wahrnehmen, hat seinen Grund wohl in der geringen Empfindlichkeit der Netzhaut unseres Auges für so rasche Schwingungen. Zur Erklärung der Farben im Fluorescenzspektrum muß man aber weiter annehmen, daß das Molekül auch Schwingungen von langsamerer Periode zu machen vermöge, welche, etwa eine Octave tiefer liegend als die direct absorbirten Strahlen, dem unsichtbaren ultrarothen Theile des Spektrums angehören. „Diese ultrarothen Schwingungen können mit jenen dunkelblauen, violetten und ultravioletten Schwingungen zusammenwirkend Combinationstöne liefern, welche vermöge ihrer Schwingungszahlen in den weniger brechbaren sichtbaren Theil des Spektrums fallen. Obgleich diese Combinationstöne ohne Zweifel an mechanischer Intensität zurückstehen werden hinter den primären Schwingungen, denen sie ihre Entstehung verdanken, so ist doch ihre physiologische Intensität, d. h. die Empfindlichkeit unseres Auges für ihre Schwingungszahlen, groß genug, um jenen Mangel hinreichend auszugleichen."

Um die Entstehung dieser Combinationstöne besser begreiflich zu machen, setzt Lommel nunmehr in Kürze seine Ansichten über den molekularen Bau der Körper auseinander. Jedes „Molekül", d. h. jede durch die Natur, Anzahl und gegenseitige Lage ihrer Atome bestimmte Atomgruppe, ist mit

einer zugehörigen Aetherhülle umgeben. Die Kräfte, welche die Gruppe zusammengehalten, gestatten den einzelnen Atomen, um ihre Gleichgewichtslagen zu oscilliren, aber die Art dieser Schwingungen ist bedingt durch die molekulare Architektonik oder, was dasselbe ist, durch die chemische Constitution; das Molekül ist auf eine gewisse Anzahl einfacher Schwingungen gestimmt, welche erfolgen können, gleichviel ob der Schwerpunkt des Moleküls stillsteht oder sich bewegt. Lommel bezeichnet derartige Schwingungen als intramolekulare und stellt sie gegenüber den intermolekularen Schwingungen, bei denen die Schwerpunkte der Moleküle selbst um ihre Gleichgewichtslagen oscilliren. Sowie nämlich durch die chemische Molekularkraft oder Affinität das Molekül aus Atomen, so wird durch die physikalische Molekularkraft oder Cohäsion der Körper aus Molekülen zusammengesetzt, und die letzteren können wieder in schwingende Bewegung gerathen und darin verharren, gleichgiltig ob die Atome innerhalb der einzelnen Moleküle sich im Ruhezustand befinden oder nicht. Während aber die intramolekularen Schwingungen von der chemischen Zusammensetzung bedingt werden, sind die intermolekularen ihrer Periode nach unbestimmt und hängen blos vom Aggregatzustande und der Temperatur ab.

Durch Erhitzung eines festen Körpers wird zunächst die lebendige Kraft der intermolekularen Schwingungen erhöht, zugleich aber durch die größere Entfernung der Moleküle die Thätigkeit der Cohäsionskräfte derart geändert, daß das Molekül — jetzt gleichsam stärker gespannt — fähig wird, neben den bereits vorhandenen Schwingungen auch solche von kürzerer Periode zu machen. Im Zustande des Weißglühens strahlt ein fester Körper alle Lichtarten vom Roth bis zum Violett aus, und zwar vermöge seiner intermolekularen Schwingungen. Sein Licht bildet, gleichgültig welches seine chemische Zusammensetzung ist, ein continuirliches Spektrum. Auch bei gleichzeitiger Anwesenheit der intramolekularen Schwingungen, die sich als leuchtende Linien und Bänder im Spektrum kund geben, wird man dieselben doch auf dem hellen Grunde des continuirlichen Spektrums nicht wahrnehmen. Erst wenn die intermolekularen Beziehungen gelöst sind und der Körper in gasförmigen Zustand übergeführt worden ist, können die intra-

molekularen Schwingungen als helle Spektrallinien zur Erscheinung gelangen. Das continuirliche Spektrum eines glühenden festen oder flüssigen Körpers wird also nach Lommel's Theorie durch die intermolekularen, das Linienspektrum eines glühenden Gases dagegen durch die intramolekularen Schwingungen erzeugt.

Beide Arten von Schwingungen werden durch den Aether, der, den ganzen Weltraum erfüllend, auch die Körpermoleküle frei umfluthet, wellenförmig fortgepflanzt. Rücksichtlich der Kräfte, welche thätig sind, wird, wie gewöhnlich, angenommen, daß die elastische Kraft zwischen den Atomen des freien Aethers, sowie die zwischen den einzelnen Molekülen eines Körpers thätige einfach der Entfernung proportional ist, während diese Kraft bei den Atomen der ein Molekül umgebenden Aetherhülle, sowie auch bei den Atomen eines Moleküles selbst auch noch von der zweiten Potenz der Entfernung abhängt, wie theilweise schon früher bei Erklärung der Fluorescenzerscheinungen erster Classe erwähnt worden ist.

Die Fluorescenzerscheinungen zweiter Classe sind nun, wie diejenigen erster Classe, Vorgänge, die sich innerhalb der Körpermoleküle und ihrer Aetherhüllen vollziehen. „Wenn nämlich zwei von den Körperatomen erregte pendelartige Schwingungen ein Atom der Aetherhülle ergreifen, so wird die schwingende Bewegung, welche dasselbe annimmt, nicht blos (wie es beim freien Aether der Fall sein würde) aus diesen primären Schwingungen zusammengesetzt sein, sondern es werden namentlich noch zwei pendelartige Schwingungen hinzukommen, deren Schwingungszahlen gleich der Summe der Schwingungszahlen der primären Schwingungen sind." Diese beiden Schwingungen, dem Helmholtz'schen Differenzton und Summationston entsprechend, pflanzen sich durch den freien Aether ebenso fort, wie die primären Schwingungen der Körperatome selbst, „das Molekül mit seiner Aetherhülle leuchtet also nicht blos in den seinen Atomen eigenthümlichen Lichtarten, sondern auch noch in allen möglichen aus diesen combinirten Differenz- und Summationstönen." Letztere, die Summationstöne, werden sich indeß der

Wahrnehmung entziehen, da sie ihrer hohen Schwingungszahlen wegen zu den ultravioletten Strahlen gehören; die Differenztöne dagegen fallen für die Fluorescenzen zweiter Ordnung gerade in die hellsten Theile des sichtbaren Spektrums, während sie bei den Fluorescenzen erster Ordnung zu den unsichtbaren ultrarothen Strahlen gehören.

Außer diesen beiden Classen der Fluorescenz giebt es noch eine dritte, welche Pierre als zusammengesetzt bezeichnet. Bei dieser zeigt das fluorescirende Spektrum an verschiedenen Stellen verschiedene Färbung und auch das abgeleitete Fluorescenzspektrum erweist sich an verschiedenen Stellen verschieden zusammengesetzt. Man kann solche Fluorescenz hervorrufen, wenn man mehrere einfach fluorescirende Flüssigkeiten mit einander mischt, z. B. Magdalaroth, Curcuma, Aesculin. So lange die Körper nicht chemisch auf einander wirken, werden sich die Fluorescenzerscheinungen, die im Innern der Moleküle ihren Sitz haben, nicht gegenseitig stören. Man ist daher wohl zu dem Schlusse berechtigt, daß beispielsweise die Lacmustinctur, welche drei verschiedene Fluorescenzfarben zeigt, auch drei fluorescirende Substanzen enthält.

Die Fluorescenzerscheinungen zerfallen also in drei Classen:

1. Classe: Fluorescenz durch Resonanz. Eine Gruppe weniger brechbarer Lichtstrahlen wird direct (durch die tiefere Octave) absorbirt. Die Substanz fluorescirt in der Mischfarbe der direct absorbirten Strahlen. Beispiele: Magdalaroth, Chlorophyll.

2. Classe: Fluorescenz durch Differenztöne. Die brechbaren Strahlen werden direct, und theilweise indirect absorbirt und erregen neben ihren eigenen noch eine Gruppe ultrarother Schwingungen. Die Substanz fluorescirt in der Mischfarbe aus den Differenztönen, welche jene brechbareren, schwach leuchtenden oder dunkeln mit diesen wenig brechbaren dunkeln Strahlen geben. Beispiele: Aesculin, Chinin, Curcuma.

3. Classe: Zusammengesetzte Fluorescenz. Sie zeigt sich, wenn mehrere fluorescirende Substanzen erster oder zweiter Classe mit einander gemischt werden ohne chemisch auf einander zu wirken. Beispiele: Lacmus, Quassia.

Die mathematische Begründung, welche Lommel seiner Theorie gegeben hat, kann hier nicht weiter berührt werden und

wir wollen nur zum Schluß noch einige neue fluorescirende Substanzen kurz erwähnen. Durch Einwirkung von Glycolchlorhydrin auf Toluidin hat Ad. Würtz u. a. ein salzsaures Salz von der Formel $C_{11}H_{13}NO, HCl$ erhalten, dessen im concentrirten Zustande braungelbe, im verdünnteren Zustande gelbe wässrige Lösung prachtvoll grüne Fluorescenzerscheinungen zeigt.

Mit dem Namen Fluoranilin bezeichnet John Parnell eine von ihm hergestellte Substanz, die sich in nicht unbeträchtlicher Menge neben Anilinroth bildet, wenn man Anilin mit Quecksilberchlorid erhitzt. Die rohe Masse kann zerrieben, mit Wasser gemischt und mit Aether gewaschen werden und liefert dann eine schön fluorescirende Flüssigkeit; noch besser erscheint es, die rohe Masse in Salzsäure zu lösen, Ammoniak im Ueberschuß zuzusetzen und mit Aether zu waschen. Die ätherische Lösung ist so lange mit Wasser zu waschen, bis das Waschwasser nicht mehr nelkenroth wird. Dieselbe besitzt eine grünlichgelbe Farbe und zeigt eine prächtige grüne Fluorescenz. In kaltem Wasser ist das Fluoranilin sehr wenig, etwas besser dagegen in heißem löslich; ferner ist es löslich in verdünnter Salz-, Salpeter-, Schwefel- und Essigsäure. Alle diese Lösungen fluoresciren. Die alkoholische Lösung, welche viel dunkler ist als die ätherische, fluorescirt doch weniger, indessen verstärkt ein Alkoholzusatz zur salzsauren Lösung die Fluorescenz. Läßt man auf eine concentrirte ätherische Lösung ein durch eine Quarzlinse konisch gemachtes Sonnenstrahlenbüschel fallen, so wird kein Lichtkegel in der Flüssigkeit sichtbar; dagegen entsteht ein solcher von schön grüner Farbe in einer verdünnten Lösung. Farbe und Fluorescenz der ätherischen Lösung haben übrigens große Aehnlichkeit mit denen des Uranglases, aber das Spektrum des Fluorescenzlichtes im Fluoranilin ist continuirlich, während es beim Uranglas discontinuirlich ist.

Als eine andere schön fluorescirende Substanz führt Parnell noch das mit Zinnchlorid hergestellte Anilinroth an. Für das unbewaffnete Auge hat das Fluorescenzlicht eine kalte blaue Farbe, das Fluorescenzspektrum aber besteht aus Roth, einer sehr hellen grünen Zone und nur wenig Blau.

Wärmelehre.

Wir erwähnen hier zunächst eine Reihe von Versuchen

über Siedeverzüge und Dampfkesselexplosionen,

welche G. Krebs in Wiesbaden, anknüpfend an die früher in diesem Jahrbuche (Jahrg. II, S. 81 u. f.) besprochenen Dufour'schen Untersuchungen in den letzten Jahren angestellt hat.

Fig. 16.

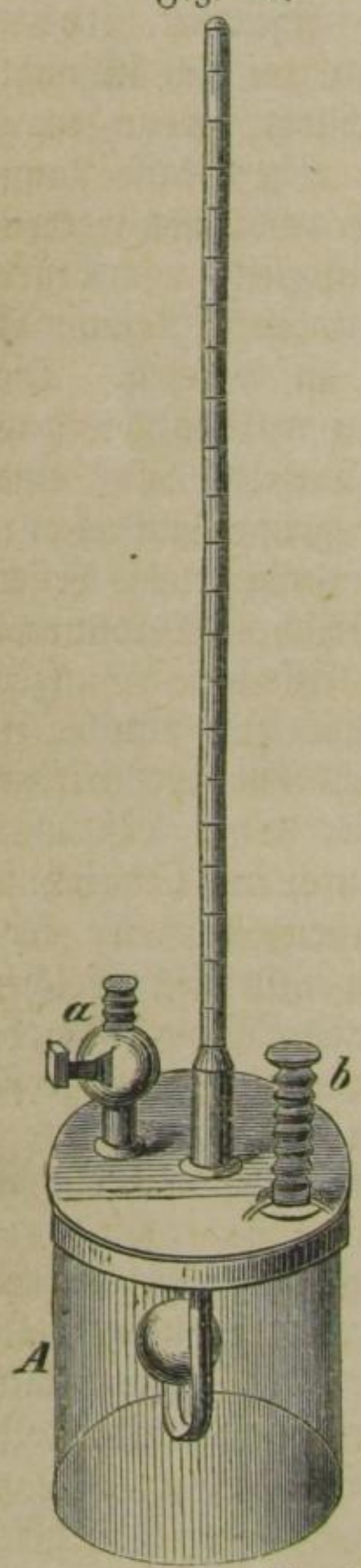
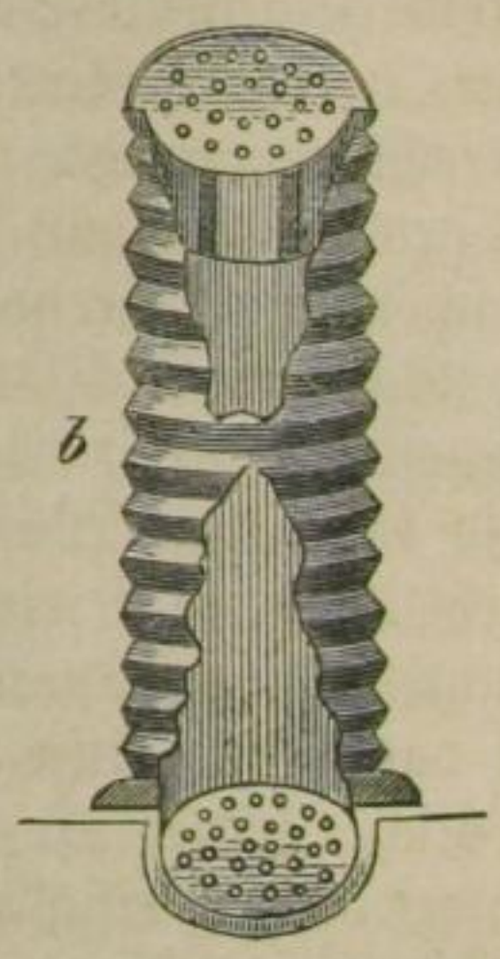


Fig. 17.



Der zu der ersten Versuchsserie dienende Apparat „Communicationsgefäß" genannt, Fig. 16, besteht aus einem cylindrischem Glas A, welches durch einen Metalldeckel verschlossen ist. Durch diesen Deckel gehen drei Röhren; in die mittelste ist die in Zoll eingetheilte Röhre eines Barometers eingekittet, die zweite, a, ist mit einem Hahn versehen und die dritte, b, hat unten einen siebförmig durchlöcherten Boden und oben einen ebensolchen, abnehmbaren Deckel, wie dies die Fig. 17 in größerem Maßstabe zeigt. In diese Röhre b bringt man zur Neutralisirung saurer Dämpfe Bimsteinstücke, die man solange mit Kalilauge begießt, bis dieselbe unten durchfließt und den Boden von A einige Millimeter hoch bedeckt. Die Röhren a und b sind ungefähr 9 Centimeter lang und 2 Centimeter weit. Mittels eines dickwandigen

Kautschukschlauches verbindet man a mit dem Halse einer größeren tubulirten Retorte und ebenso wird b mit einer Luftpumpe in Verbindung gesetzt. Der Tubulus der erwähnten Retorte wird durch einen Gummistopfen verschlossen, der mit einem Loche versehen ist, durch welches ein Thermometer, sowie zwei unten mit angelötheten Platinplättchen versehene Platindrähte gesteckt werden. Die mit verdünnter Schwefelsäure und destillirtem Wasser wohl ausgespülte Retorte selbst wird zu zwei Drittheilen mit destillirtem Wasser gefüllt, dem man etwas Schwefelsäure zugesetzt hat; man kann auch reines Wasser nehmen, doch gelingen die Versuche besser mit angesäuertem.

Zur Anstellung von Versuchen wird die Retorte zunächst außer Verbindung mit dem Communicationsgefäß gebracht und das Wasser in der ersteren längere Zeit gekocht. Dann stellt man jene Verbindung mittels des Kautschukschlauches her und läßt das Wasser bis auf 75° C. erkalten. Jetzt fängt man an, die Luft auszupumpen; um Erschütterungen des Wassers zu vermeiden, setzt man zweckmäßig Luftpumpe und Retorte auf verschiedene Tische. Bei einiger Vorsicht gelingt es, die Luft fast völlig auszupumpen, ohne daß das Wasser ins Sieden geräth und auf diese Weise einen Siedeverzug von 30—40° zu erreichen.

Nunmehr kann man das plötzliche, stoßweise Aufkochen auf folgende Arten hervorbringen.

1. Durch Einführung gasiger Körper: man hält zu dem Zwecke die Poldrähte eines Bunsen'schen Elementes an die Platindrähte der Retorte und veranlaßt auf diese Weise eine Zersetzung des Wassers.

2. Durch Erschüttern: nachdem das Wasser der Retorte wieder auf 75° erhitzt und die Luft ausgepumpt worden ist, fasse man den Hals der Retorte und beuge ihn aufwärts, so daß das Wasser an den Wänden in die Höhe schwankt.

3. Durch momentanes Erhitzen: nachdem man wiederum auf 75° erhitzt und ausgepumpt hat, stelle man für einen Augenblick eine Lampe unter.

4. Durch plötzliche Druckverminderung: man erhitze das Wasser der Retorte auf 90°, pumpe bis auf etwa 18 Zoll aus, wobei schon ein kleiner Siedeverzug eingetreten ist, schließe dann den Hahn der Röhre a auf dem Communi-

cationsgefäß und pumpe letzteres vollkommen aus. Oeffnet man dann den Hahn wieder, so wird häufig durch die plötzliche Druckverminderung, welche das Wasser erleidet, ein explosives Sieden desselben eintreten.

Die ersten drei Versuche sind vollkommen, der vierte ist nicht unbedingt sicher.

Einfachere hierher gehörige Versuche sind folgende:

1. Man erhalte destillirtes, mit etwas Schwefelsäure versetztes Wasser längere Zeit im Kochen in einem blasen-, knoten- und streifenfreien Becherglase, das man vorher mit verdünnter Schwefelsäure und destillirtem Wasser gut gereinigt hat. Entfernt man die Flamme und wartet, bis das Wasser ganz aus dem Kochen gekommen ist, so kann man es dadurch wieder in deutliches Kochen bringen, daß man Sand hineinstreut. Die dem Sande anhängende Luft bringt bei diesem — übrigens schon längst bekannten — Versuche das Sieden hervor.

2. Kocht man Wasser einige Zeit, läßt es dann auf 40° C. erkalten und stellt es unter die Luftpumpe, so kocht es nicht mehr, auch wenn man bis zur äußersten Grenze auspumpt. Erhitzt man aber Wasser blos bis 40° C., so kann man es unter der Luftpumpe leicht zum Sieden bringen.

Diese Versuche zeigen, daß Wasser, welches durch Kochen möglichst luftfrei geworden ist, bei allmäliger Druckverminderung oft weit über den Punkt hinaus flüssig bleibt, bei welchem es nach dem Dalton'schen Gesetze sieden könne; daß es aber in diesem Zustande des Siedeverzuges durch Einführung von Gasen, durch Erschütterung, durch Erhitzung und durch plötzliche Druckverminderung in explosives Sieden gerathen kann.

Um Wasser möglichst luftfrei und dadurch zu Siedeverzügen möglichst geschickt zu machen, giebt Krebs folgendes Verfahren an: Man gieße in eine größere, wohl gereinigte Kochflasche starken Weingeist und darauf etwa die dreifache Menge destillirten Wassers. (Der Weingeist dringt in die Poren des Wassers und treibt einen Theil der Luft aus). Wird nun das Gemenge bis auf eine kleine Quantität eingedampft, so ist das Wasser ziemlich luftfrei geworden und auch der Weingeist ist ausgetrieben. Während des Kochens des Gemenges steigt der

Siedepunkt oft auf 107°, häufig sogar auf 109° C. Daß am Anfang des Erhitzens oft heftiges Stoßen eintritt, hat seinen Grund darin, daß die Flüssigkeit zwei Schichten besitzt, eine untere, meist Wasser, und eine obere, meist Weingeist enthaltende. Steigt nun eine Dampfblase aus der untern Schicht in die obere, welche einen viel niedrigeren Siedepunkt hat, so wird die obere Schicht durch die große Hitze der Dampfblasen aus der untern Schicht in explosives Sieden versetzt. Späterhin, wenn das Gemenge gleichförmiger wird, läßt das Stoßen nach. Mit Benutzung des auf die angegebene Art möglichst luftfrei gemachten Wassers kann man beträchtliche Siedeverzüge und heftige Explosionen hervorbringen.

Eine Röhre aus möglichst knopf-, blasen- und streifenfreiem Glase, an welcher eine Kugel angeblasen ist, Fig. 18, wird mit Schwefelsäure gefüllt und erhitzt. Die Schwefelsäure wird dann wieder ausgegossen und die Röhre mit destillirtem Wasser ausgespült. Hierauf zieht man den obern Theil der Röhre zu einem Haarröhrchen SE aus und taucht das Ende E in das luftfrei gemachte Wasser. Erhitzt man nun die Röhre X und die Kugel B und läßt wieder erkalten, so steigt das Wasser nach X, und durch Wiederholung dieses Verfahrens kann man die Röhre nebst Kugel und Haarröhrchen vollständig mit Wasser füllen. Nunmehr taucht man das Ende E in heißes ausgekochtes Quecksilber und erhitzt, bis nur noch die Röhre X und die Hälfte der Kugel B mit Wasser gefüllt sind. Läßt man jetzt erkalten, so steigt das Quecksilber rasch in dem Haarröhrchen empor, und wenn es fast bis nach S gekommen ist, so schmilzt man den Hals bei S ab und erhält so den „Wasserhammer" M, Fig. 19.

Fig. 18.

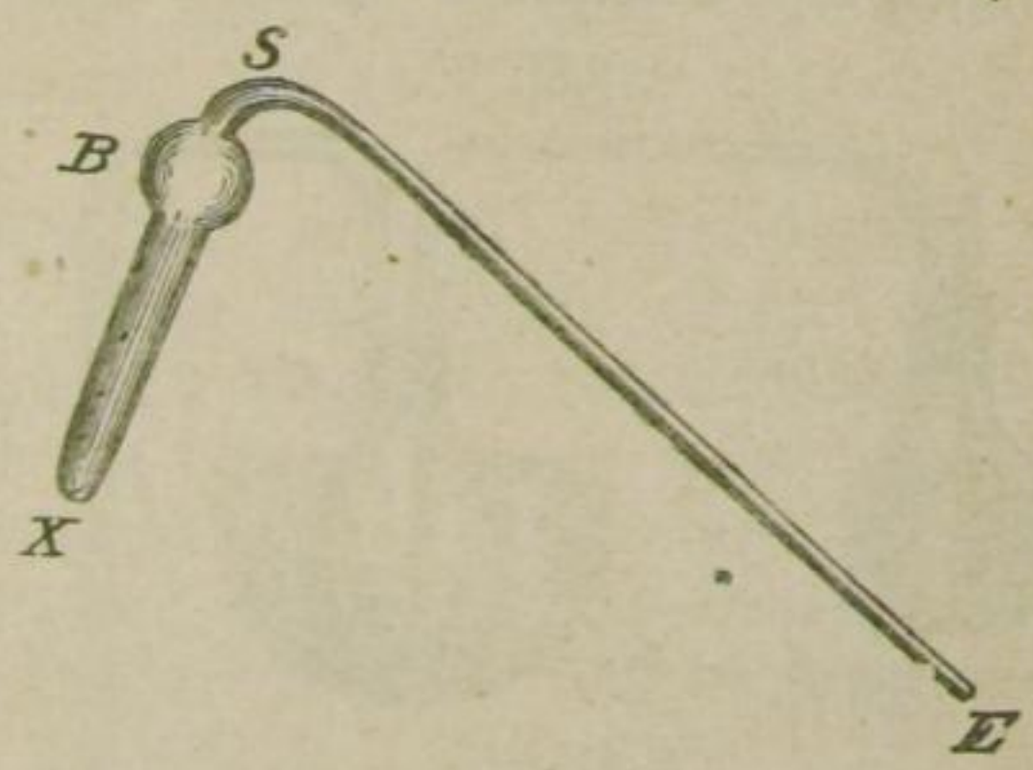
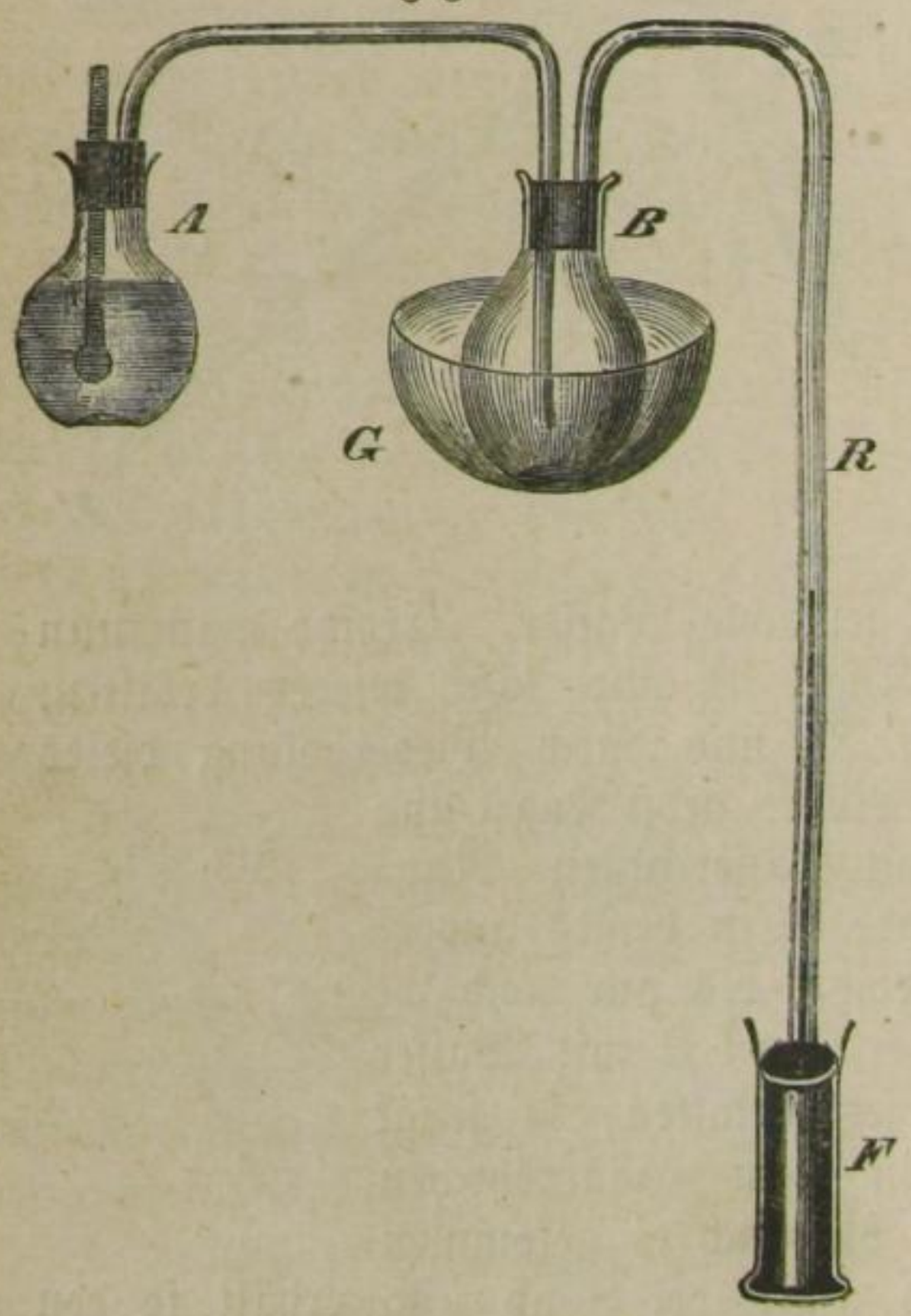


Fig. 19.

Hängt man diesen an einer Schnur in ein Oelbad, so kann man dasselbe oft bis 160° C. und noch höher erhitzen, ohne daß das Wasser in M siedet. Bei noch höherer Temperatur aber treten einzelne Dampfblasen auf, die bei weiterer Erhitzung immer rascher auf einander folgen; eine Explosion aber ist selten.

Läßt man den Hammer bis auf etwa 100° erkalten, bricht dann die Spitze ab und erhitzt ihn wieder im Oelbade, so erfolgt entweder zwischen 140 und 170° C. eine Explosion oder das Wasser kocht gar nicht mehr, sondern verdunstet nur rasch an der Oberfläche, bis es völlig verschwunden ist. Dieser letztere Fall ist allerdings selten; einmal ließ sich das Wasser bis 198° C. erhitzen, ohne daß es ins Sieden gerieth, vielmehr war bei dieser Temperatur alles Wasser verschwunden. Kleinere Hämmer — ebenfalls ohne Knöpfe, Blasen und Streifen im Glase — lieferten die Erscheinung häufiger, weil in ihnen das Wasser schon bei ungefähr 170° verdunstet ist. Wiederholtes Erhitzen und Wiedererkaltenlassen bei geschlossener Spitze bringt bei nachherigem Abbrechen der letzteren heftigere Explosionen oder ein häufigeres vollständiges Verdunsten an der Oberfläche hervor; jedoch gehört das letztere immerhin zu den Ausnahmefällen.

Fig. 20.



Eine heftige Explosion durch Druckverminderung, welche zugleich eine häufige Art von Dampfkesselexplosionen erklärt, wird noch auf folgende Weise erreicht.

Zwei Kochflaschen A und B, Fig. 20, sind durch eine Glasröhre verbunden; außerdem

ist eine zweite, rechtwinklig nach unten umgebogene Glasröhre R von einem Meter Länge in den Propfen von B eingesteckt. In A befindet sich destillirtes, mit etwas Schwefelsäure versetztes Wasser, B steht in einer Glasschüssel G oder besser in einem hohen irdenen Topfe. Man erhitzt nun das Wasser in A bis zum Kochen und reichlichen Ausströmen des Dampfes aus dem Ende der Röhre R; dann taucht man das Ende von R in heißes, ausgekochtes Quecksilber, während man zugleich die Flamme unter A entfernt. Das Wasser in A kocht nun noch einige Zeit nach und das Quecksilber steigt in R auf. Endlich — bei 80°, manchmal auch erst bei 70° C. — hört das Kochen auf. Wartet man nun noch einige Minuten und gießt dann Eiswasser in G, so beginnt das Wasser in A plötzlich explosiv zu kochen, so daß oft das Gefäß B — selten A — zertrümmert wird. Manchmal bleibt auch das Wasser trotz der Druckverminderung ruhig. Außerdem treten, wie leicht begreiflich, heftige Explosionen häufiger im hohen Sommer, oder in stark geheitzten Zimmern, als im Winter und in kalten Zimmern ein.

Besonders bemerkenswerth aber ist, daß bisweilen auch ohne weiteres Zuthun heftige Explosionen erfolgen können. Nicht selten entstand, nachdem kurze Zeit das Nachkochen in A aufgehört hatte, plötzlich ein heftiges Sieden, wodurch das Gefäß B, seltener A, zertrümmert wurde. Besonders gute Resultate liefern große Kochflaschen von 1—2 Liter Gehalt. Andere zu solchen Versuchen brauchbare Apparate sind in Poggendorff's Annalen, CXXXVIII, S. 433 u. f. beschrieben.

Diese Versuche erklären, wie es möglich sei, daß ein Kessel, nachdem er einige Stunden außer Betrieb gesetzt und verschlossen stehen gelassen worden, entweder ohne weiteres Zuthun, oder dadurch explodiren könne, daß eine Erschütterung verursacht oder das Feuer wieder frisch angefacht wurde: der Dampf condensirt sich, das Wasser bleibt noch ziemlich heiß, es treten beträchtliche Siedeverzüge ein und nach einiger Zeit explodirt der Kessel von selbst oder durch eine der vorhin angegebenen Ursachen. Schon Arago (Sur les explosions des machines à vapeur. Annuaire pour l'an 1830. p. 145) kennt diese Art von Explosionen und obwohl sie ihm „paradox" und unerklär-

lich scheinen, hält er sie doch nach unverwerflichen Zeugnissen für die gerade am häufigsten vorkommende.

Ueber

das gemeinschaftliche Sieden zweier nicht mischbaren Flüssigkeiten

sind von Aug. Kundt interessante Versuche angestellt worden. Nach den älteren Beobachtungen von Magnus und Regnault ist die gemeinschaftliche Spannkraft der Dämpfe zweier nicht mischbaren Flüssigkeiten im Sättigungszustande gleich der Summe der Spannkräfte, welche dem Sättigungszustande der einzelnen Dämpfe für die betreffende Temperatur entsprechen würde. Zwei solche Flüssigkeiten sieden in Folge dessen zusammen bei einer Temperatur, die niedriger ist, als die Siedetemperatur der flüchtigsten.

Um die Temperatur der Flüssigkeit und des Dampfes recht constant zu erhalten, was sonst Schwierigkeiten macht, erhitzt man die eine Flüssigkeit durch die Dämpfe der andern. Leitet man z. B. in einen bis etwa 1/3 seiner Höhe mit Schwefelkohlenstoff gefüllten Cylinder durch ein ziemlich zum Boden gehendes Rohr Wasserdämpfe, so beginnt das Sieden bei einer unter den Siedepunkte des Schwefelkohlenstoffes, 46°,6, liegenden Temperatur, und das Flüssigkeitsgemisch von Wasser und Schwefelkohlenstoff erhält sich dabei constant auf derselben Temperatur wie der Dampf; Kundt beobachtete z. B. 42°,6. Natürlich ist diese Temperatur von dem Grade der Reinheit des Schwefelkohlenstoffes abhängig. Das Resultat bleibt dasselbe, wenn man Schwefelkohlenstoffdampf in Wasser einleitet. Auch mit Wasser und Benzol, Wasser und Nelkenöl (Siedetemperatur des Gemenges 90°) und einigen andere Substanzen wurden die Versuche mit gleich gutem Erfolge gemacht.

Endlich giebt Kundt noch einen schönen Vorlesungsversuch an, welcher zeigt, daß zwei nicht mischbare Flüssigkeiten zusammen bei einer niederen Temperatur sieden, als die flüchtigste allein. In ein recht großes Glasgefäß, etwa 1 Fuß hoch und 3/4 Fuß im Durchmesser, bringe man Wasser von nicht ganz 46°. Ein etwa 3/4 Zoll weites Reagenzgläschen, zur Hälfte mit Schwefelkohlenstoff gefüllt, halte man in das Wasser hinein, bis auch der Schwefelkohlenstoff ungefähr 45° hat. Gießt man dann den letzteren in das Wasser, so tritt energi-

sches Sieden ein, das ziemlich lange anhält. Umrühren mit einem Glasstabe kann dasselbe, wenn es aufgehört, nochmals auf kurze Zeit hervorrufen.

Ueber

Emission, Absorption und Reflexion der bei niederer Temperatur ausgestrahlten Wärmearten

hat der inzwischen verstorbene Physiker Magnus in den Schriften der Berliner Akad. der Wissensch. (1869) eine längere Arbeit veröffentlicht. Die Versuche über Emission und Absorption wurden mit vollkommen polirten Platten vorgenommen, die man in einem durch Gasflammen erhitzten Luftstrom bis auf 150° C. erwärmte, aber so daß dieselben von den Verbrennungsgasen nicht berührt wurden. Die von der Platte ausgesandten Wärmestrahlen passirten erst zwei Diaphragmen und fielen dann auf eine mit einem Multiplicator versehene Thermosäule; die Ausschläge der Multiplicatornadel gaben die Wärmemengen an. Die Platten zur Absorption der Wärmestrahlen wurden hinter dem zweiten Diaphragma aufgestellt. Die wesentlichsten Resultate, zu denen Magnus gelangt ist, sind folgende:

1. Die verschiedenen Körper strahlen bei 150° C. verschiedene Arten von Wärme aus. Diese Wärmearten werden von der gleichartigen Substanz mehr als von einer andern absorbirt, und diese Absorption nimmt mit der Dicke der absorbirenden Substanz zu.

2. Es giebt Körper, die nur eine einzige oder wenige Wärmearten aussenden, andere wieder, die viele ausstrahlen.

3. Zu den ersteren gehört das Steinsalz, wenn es ganz rein ist. Ebenso wie der glühende Dampf desselben oder eines seiner Bestandtheile, des Natriums, nur eine Farbe ausstrahlt, ebenso sendet das Steinsalz selbst bei niederer Temperatur nur eine Art von Wärme aus; es ist monothermisch, wie sein Dampf monochromatisch ist.

4. Neben der eigentlichen Steinsalzwärme sendet das Steinsalz, selbst wenn es ganz klar ist, noch Wärme aus, die von einer 80 Millim. dicken Steinsalzlage nicht mehr als von einer 20 Millim. dicken Platte absorbirt wird.

5. Das Steinsalz absorbirt die Wärme, die es ausstrahlt,

sehr stark. Es läßt daher nicht alle Wärmearten gleich gut durch, wie Melloni behauptet hat.

6. Die große Diathermansie des Steinsalzes beruht nicht auf einem geringen Absorptionsvermögen desselben für die verschiedenen Wärmearten, sondern darauf, daß dasselbe nur eine Wärmeart ausstrahlt und, dem Kirchhoff'schen Satze entsprechend, auch nur diese eine Art absorbirt, und daß fast alle andern Körper Wärme aussenden, die nur einen kleinen Antheil oder gar keine von den Strahlen enthält, die das Steinsalz aussendet. Alle Strahlen aber von anderer Art, als diejenigen, welche ein Körper aussendet, werden nicht von ihm absorbirt, sondern gehen ungeschwächt durch ihn hindurch.

Man kann daraus den allgemeinen Schluß ziehen, daß eine Substanz überhaupt nur dann diatherman erscheint, wenn sie nur wenige, ganz bestimmte Wellenlängen aussendet und also auch nur diese absorbirt, alle andern aber hindurchgehen läßt.

7. Auch der Sylvin (Chlorkalium) verhält sich ähnlich wie das Steinsalz (Chlornatrium); doch ist er in geringerem Grade monothermisch. Auch bei ihm ist die Analogie mit seinen glühenden Dämpfen oder denen des Kaliums vorhanden, welche bekanntlich ein fast continuirliches Spektrum liefern.

8. Der Flußspath absorbirt die reine Steinsalzwärme vollständig. Man sollte daher erwarten, daß die Wärme, die er aussendet, auch stark vom Steinsalze absorbirt werde. Es gehen indessen 70 Proc. derselben durch eine Steinsalzplatte von 20 Millimeter Dicke. Wahrscheinlich hängt dieses eigenthümliche Verhalten zusammen mit dem großen Reflexionsvermögen, welches der Flußspath für Steinsalzwärme zeigt.

9. Wenn es möglich wäre, von der bei 150° ausgestrahlten Wärme ein Spektrum zu entwerfen, so würde, wenn Steinsalz der ausstrahlende Körper wäre, das Spektrum nur eine leuchtende Bande enthalten. Würde Sylvin zur Ausstrahlung benutzt, so würde das Spektrum viel ausgedehnter sein, aber doch nur einen kleinen Theil von dem Spektrum einnehmen, das die von Kienruß ausgestrahlte Wärme bilden würde.

Zur Erläuterung dieser Sätze mögen hier einige numerische Angaben folgen.

Es ergeben sich zunächst für die Wärmemengen, welche von

verschiedenen auf 150° erhitzten Platten ausgestrahlt wurden, folgende Verhältnißzahlen:

geschwärzte Silberplatte . . .	100
Glasplatte, 2 Millim. dick . .	64
Flußspathplatte, 10 Millim. dick	45,5
Sylvinplatte, 3 Millim. dick .	17
Steinsalzplatte, 3 Millim. dick .	13
polirte Silberplatte, 1 Millim. dick	9,7

Als die Steinsalzplatte auf der polirten Silberplatte befestigt wurde, betrug die Ausstrahlung 41, also bedeutend mehr als die Summe der Ausstrahlungen beider Platten. Es erklärt sich dies jedenfalls dadurch, daß die Silberplatte die von der Steinsalzplatte nach hinten ausgestrahlte Wärme reflectirt. In der That trat auch eine Steigerung der Ausstrahlung ein, als die polirte Silberplatte nicht erhitzt in 1 Millim. Entfernung hinter der erwärmten Steinsalzplatte angebracht wurde; auch eine geschwärzte Silberplatte bewirkte unter gleichen Umständen eine Erhöhung der Ausstrahlung, indessen war dieselbe weniger bedeutend.

Die von dunklen Wärmequellen ausgesandten Strahlen werden nur von einer kleinen Anzahl von Körpern in ansehnlicher Menge durchgelassen. Wie bekannt hat schon Melloni gefunden, daß von der Wärme, welche ein auf 100° erwärmter Kupferwürfel ausstrahlte, nur durch Steinsalz, Schwefel und Flußspath ein größerer Theil hindurchging, während Quarz nur 3 Proc. durchließ. Von der Wärme des bis 400° erwärmten Kupfers ließen auch Beryll und Topas 13 bis 14 Proc. durchgehen, Quarz, Glas und Doppelspath aber nicht über 6 Proc. Neuerdings hat man gefunden, daß auch der Sylvin die dunkeln Wärmestrahlen ziemlich ebenso reichlich wie Steinsalz durchläßt (Jahrg. V dieses Jahrb., S. 142 u. f.) und außerdem zeigen auch, wie Carl Schultz-Sellack bemerkt hat, viele Chlor-, Jod-, Brom- und Schwefelverbindungen für die Strahlen der Rußwärme eine große Diathermansie. Magnus hat eine Untersuchung mit Steinsalz, Sylvin, Flußspath, Chlor- und Bromsilber und Selen vorgenommen. Einige der von ihm gewonnenen numerischen Ergebnisse zeigt die folgende Tabelle:

gingen durch	Von der Wärme, welche ausgestrahlt wurde von einer bis auf 150° erwärmten Platte					
	Steinsalz 2,5–3 Mm. dick.	Steinsalz 18 Mm. dick.	Sylvin 3–4 Mm. dick.	Flußspath 3,8 Mm. dick.	Chlorsilber 2,5 Mm. dick.	Bromsilber 1 Mm. dick.
Luft	100	100	100	100	100	100
Steinsalz 1 Mm.	53,2	54,4	—	—	—	—
„ 2 „	41,6	51,5	61,4	80,5	71,6	70,6
„ 5 „	30,5	43,3	—	—	—	—
„ 20 „	20,0	24,1	59,2	70,8	72,1	73,3
„ 80 „	20,9	16,6	—	—	—	—
Sylvin 3 „	55,16	62,5	49,6	88,9	73,7	66,2
„ 10 „	44,0	—	—	—	—	—
„ 20 „	36,5	45,6	28,4	85,1	65,2	60,9
„ 29,5 „	—	39,8	—	—	—	—
Flußspath 2,8 „	8,3	3,5	58,7	19,2	51,6	53,1
„ 10 „	8,3	3,5	54,5	9,1	43,6	48,3
„ 19 „	—	—	—	6,2	—	—
Chlorsilber 0,6 „	64,0	61,4	62,5	67,8	59,3	53,9
„ 3,0 „	47,4	49,1	36,7	54,6	41,3	37,0
Bromsilber 0,3 „	68,8	66,7	70,5	72,2	69,4	65,3
„ 2,75 „	45,3	41,7	43,7	45,1	41,8	37,5
Selen 2,5 „	13,3	16,9	9,53	21,3	13,7	10,9

Daß von der Wärme der dickeren Steinsalzplatte ein größeres Quantum durch eine zweite Steinsalzplatte geht, hat seinen Grund wohl darin, daß die von den hinteren Schichten kommenden Strahlen zunächst die vorderen Schichten passiren müssen und hier die vom Steinsalz absorbirbaren Strahlen theilweise bereits verlieren.

Rücksichtlich der oben erwähnten Bemerkung von Schultz-Sellack mag hier eingeschaltet werden, daß nach den Untersuchungen dieses Forschers nicht blos alle Chlorverbindungen, sondern auch Chlor-, Jod- und Bromverbindungen der einfachen Stoffe und eine Anzahl Sulphide, und zwar sowohl in fester als in flüssiger Form für Rußwärme theilweise diatherman sind. Die Untersuchungen erstreckten sich von festen Körpern auf Chlor- und Bromsilber, Brom- und Jodkalium, Kryolith, Zinkblende, Schwefelarsen und glasiges Selen, von Flüssigkeiten auf Zinnchlorid, Schwefelchlorid, Schwefelkohlenstoff, Phosphor

in Schwefelkohlenstoff gelöst, Zinnjodid in Schwefelkohlenstoff u. a. Doch kehren wir zurück zu der Magnus'schen Arbeit.

Nachdem es Magnus gelungen, die Wärme verschiedener bis 150° erhitzter Substanzen frei von den Strahlen der erhitzenden Flammen und anderer erwärmender Körper zu erhalten und ihm dadurch der Nachweis geglückt war, daß es Körper giebt, die nur eine oder einige wenige Wellenlängen aussenden, während die meisten eine größere Zahl ausstrahlen, wandte er sich zur Beantwortnng der Frage, ob die Körper auch im Bezug auf ihr Reflexionsvermögen ähnliche Verschiedenheiten zeigen, wie rücksichtlich der Emission und Absorption.

Bei den hierauf bezüglichen Versuchen ergab sich nun, daß polirtes Silber, Glas, Steinsalz und Sylvin von der Wärme, welche entweder von einer dünn berußten Silber-, oder von einer Glas-, Steinsalz- oder Sylvinplatte ausgestrahlt wird, ungefähr gleiche Mengen reflectiren. Die reflectirte Wärme betrug nämlich bei einem Winkel von 45° für

Silber	86	bis	94,4	Proc.
Glas	8,4	„	11	„
Steinsalz	8,2	„	10	„
Sylvin	3,5	„	6	„

Nur der Flußspath macht eine Ausnahme, indem er unter demselben Winkel von der Wärme des Steinsalzes 24,2 Proc., von der des Sylvins aber nur 18,1 Proc. reflectirt. Von den übrigen Wärmearten dagegen reflectirt er ähnliche Antheile wie Glas, Steinsalz ꝛc. „Wenn es ein Auge gäbe, das die verschiedenen Wellenlängen der Wärme ebenso wie die Farben des Lichtes zu unterscheiden vermöchte, so würde diesem, wenn die Strahlen des Steinsalzes auf verschiedene Körper fielen, der Flußspath heller als alle übrigen Körper erscheinen. Fielen die Strahlen von Sylvin auf dieselben, so würde der Flußspath auch heller als alle übrigen Körper erscheinen, aber nicht so hell wie bei Steinsalzbestrahlung."

Was den Einfluß des Incidenz- oder Reflexionswinkels anlangt, so ist derselbe bei einer Silberfläche nur unbedeutend, wie ähnliches auch schon von de la Prevostaye und Desains bei fast allen andern Metallen beobachtet worden ist, als sie die Wärme einer Moderateurlampe reflectiren ließen. Dagegen werden bei nicht metallischen Körpern unter verschie-

denen Winkeln auch sehr verschiedene Wärmemengen reflectirt; so ergaben sich z. B. bei einer reflectirenden Steinsalzplatte für Glaswärme bei 33° 7,6, bei 45° 8,2 und bei 62° 12,9 Proc.

Einen hübschen Versuch zur Demonstration der

Polarisation der Wärme

hat Tyndall angegeben. Vor einer elektrischen Lampe wurden zwei große, um ihre Achse drehbare Nicol'sche Prismen angebracht. Die Lichtstrahlen der Lampe wurden zunächst durch eine Sammellinse etwas convergent gemacht und gingen dann durch die beiden Prismen; dazwischen wurde ein Gefäß mit einer Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff aufgestellt. Hinter den Prismen wurde eine Thermosäule mit zwei conischen Reflectoren angebracht; die hintere Seite derselben erhielt Wärme von einer Platinspirale, die von einem gehörig regulirbaren elektrischen Strome durchströmt wurde.

Wenn die Hauptschnitte beider Nicols gekreuzt waren, so zeigte die Nadel des mit der Thermokette verbundenen empfindlichen Galvanometers eine Ablenkung von 90° zu Gunsten der hintern Wärmequelle. Stellte man die Hauptschnitte durch Drehung des einen Prismas parallel, so ging die Nadel sogleich auf Null zurück und stellte sich bei 90° auf der andern Seite ein. Drehte man weiter bis die Hauptschnitte wieder parallel waren, so ging die Nadel durch Null wieder in ihre erste Lage zurück.

Bestimmung des mechanischen Aequivalentes der Wärme.

J. Violle hat versucht, das mechanische Aequivalent der Wärme aus den thermischen Erscheinungen zu bestimmen, welche sich bei Einwirkung eines Magneten auf einen bewegten Leiter ergeben. Zu dem Zwecke benutzte er mit einigen Modificationen einen von Foucault angegebenen Apparat zur Verwandlung mechanischer Arbeit in Wärme. Dieser Foucault'sche Apparat besteht aus einer Kupferscheibe, die zwischen den Polen eines Elektromagneten in rasche Rotation versetzt wird, und zwar um eine Achse, welche beide Pole rechtwinklig trifft. Sobald man den Elektromagneten erregt, wirken seine Pole hemmend auf die Rotation der Kupferscheibe, und wenn man dieselbe fort und fort dreht, so erhitzt sie sich nach einiger Zeit so stark, daß

ein Wachsüberzug, mit dem man sie bekleidet hat, schmilzt. Violle bediente sich bei seinen Versuchen verschiedener Metallscheiben, aus Kupfer, Zinn, Blei und Aluminium. Dieselben hatten keinen Ueberzug und wurden in sehr rasche Rotation versetzt, so daß 611,2 bis 4736,8 Umdrehungen in der Minute erfolgten. Um die Erwärmung zu ermitteln, wurde die Scheibe in ein Calorimeter mit Wasser getaucht, dessen Temperatur mit einem Thermometer gemessen wurde, das noch den 200. Theil eines Centigrades angab. Zur Bestimmung der mechanischen Arbeit, welche auf die Ingangsetzung der Scheibe verwandt wurde, brachte Violle an letzterer ein feinen Seidenfaden an, den er so weit belastete, bis sich eine gleichförmige Geschwindigkeit der Scheibe herausstellte. Die nahezu übereinstimmenden Resultate für den Werth einer Calorie, zu denen er gelangte, sind folgende. Für eine Scheibe aus

Kupfer	435,2	Kilogr.-Meter
Zinn	435,8	„ „
Blei	437,4	„ „
Aluminium . . .	434,9	„ „

Violle macht übrigens bei dieser Gelegenheit aufmerksam darauf, daß das Aluminium wegen seiner großen Leichtigkeit und seines trefflichen Leitungsvermögens für Elektricität vorzüglich geeignet ist zur Herstellung vieler elektrischer Apparate.

Die Untersuchung von Flammen

wurde bisher gewöhnlich mit Benutzung eines Drathnetzes ausgeführt, durch welches man die Flamme abschneidet. Da aber ein solches Drathnetz sich schnell erhitzt und dann unwirksam wird, so verdient der Vorschlag von L. Dufour, an seiner Stelle eine Wasser- oder Luftlamelle zu verwenden, Beachtung. Ein Kautschuckrohr trägt an seinem Ende einen Schnabel mit fast kreisrundem, 0,4 Millim. dickem Schlitze. Läßt man nun aus letzterem unter gehörigem Druck Wasser austreten, so breitet sich dasselbe in Form einer vollkommen klaren Lamelle aus, die sich ziemlich lange halten läßt. Bringt man dieselbe horizontal über eine Flamme, so wird dieselbe abgeschnitten, die heißen Gase werden gleichzeitig von der Flüssigkeit mit fortgerissen und man kann daher das Auge ohne Gefahr ganz nahe darüber bringen, auch mit einer Lupe beobachten. Wenn

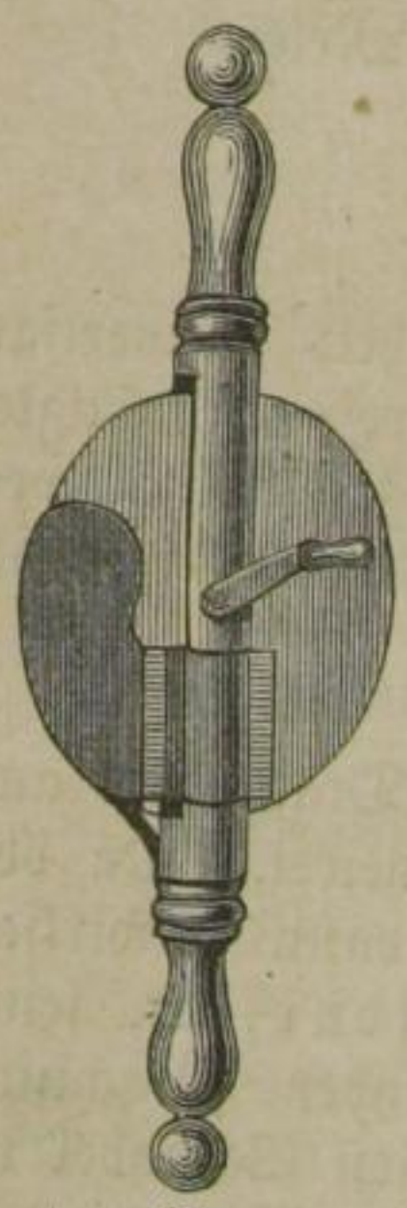
man eine Gasflamme in dieser Weise beobachten will, so darf natürlich der Gasstrom nicht zu stark sein, damit er nicht etwa die Lamelle durchbricht. Statt des Wassers kann man auch Luft aus einem Gebläse durch den erwähnten Schlitz austreten lassen und erhält dann eine Luftlamelle, die ebenfalls sehr geeignet zur Durchschneidung einer Flamme ist.

Elektricität und Magnetismus.

Neue Elektricitätserreger.

Die kleine Reibungs-Elektrisirmaschine von Emil Stöhrer jun. in Leipzig, welche beistehende Abbildung in 1/6 nat. Gr. zeigt, ist ganz aus Hartgummi gefertigt. Die Scheibe, welche durch eine Kurbel bewegt wird, besteht aus eigens präparirtem Hartgummi, das Reibzeug aus Katzenfell oder mit Amalgam überzogenem Filz; von den beiden Metallkugeln, welche als Conductoren dienen, sammelt die eine die Elektricität des Reibzeuges, die andere die der Scheibe. Ursprünglich ist das Maschinchen nur angefertigt worden, um die zur Ingangsetzung von Influenzmaschinen nöthige Elektricität zu erregen, man kann sie aber auch zu vielen Versuchen über Spannungserscheinungen verwenden, da sie bei gutem Zustande 1/2—1 Zoll lange Funken giebt.

Fig. 21.

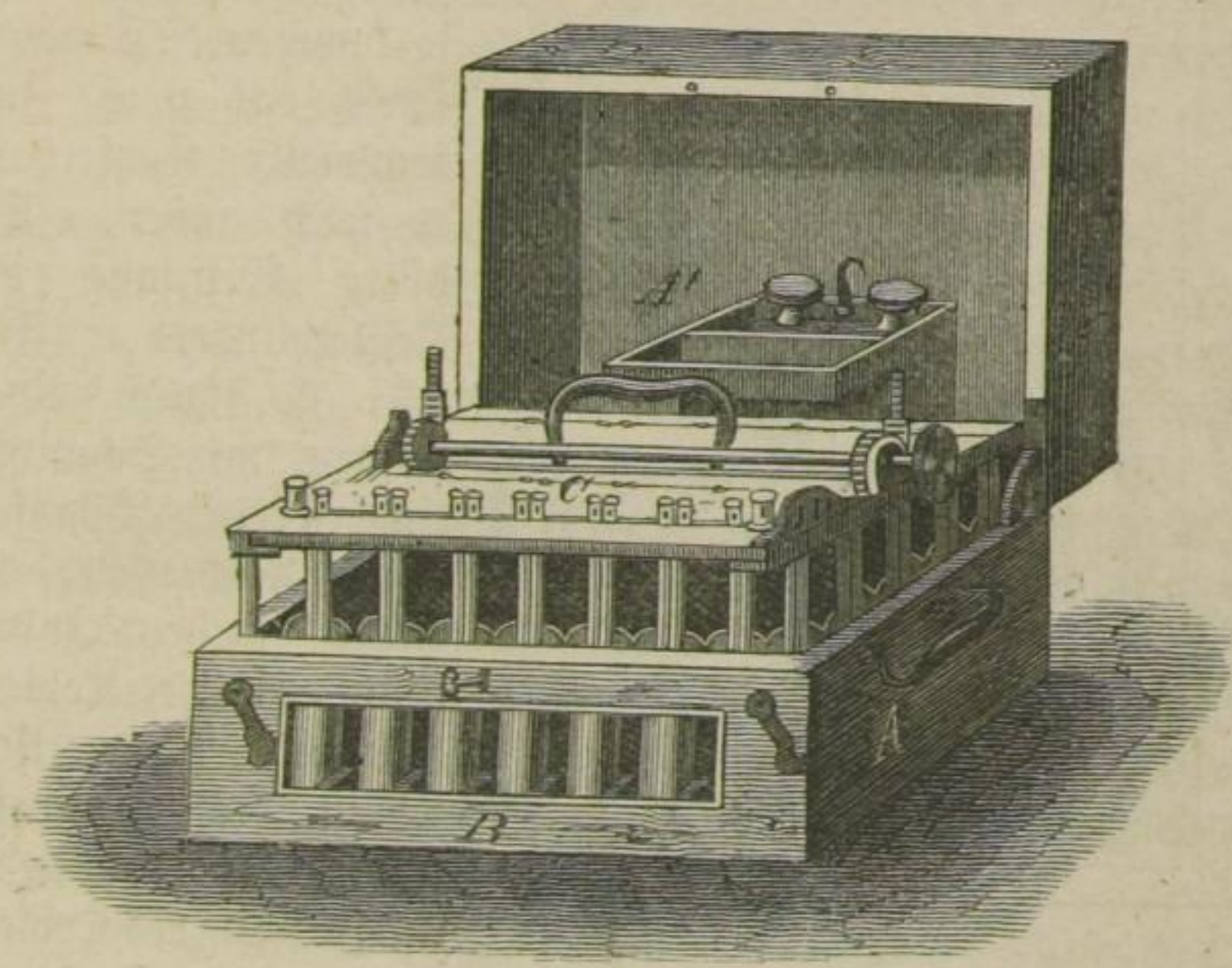


Ruhmkorff's transportable constante Batterie, welche uns Fig. 22 zeigt, ist nach den Angaben von Duchenne für medicinische Zwecke construirt. In einem Kasten AA' stehen 42 Zinkkohlenelemente B — in 6 Reihen zu je 7 neben einander — in einer Lösung von schwefelsaurem Quecksilberoxyd. Die Zinke und Kohlen der einzelnen Elemente sind an der Hartgummiplatte C befestigt und können mittels eines eignen Mechanismus gehoben und gesenkt werden. Uebrigens wendet Duchenne zur Füllung der

Elemente auch schwefelsaures Eisenoxydul statt des Quecksilbersalzes an.

Laschinoff's Abänderung der Bunsen'schen Kette bezweckt eigentlich nur Beseitigung der Umständlichkeiten, welche mit der Zusammenstellung der Bunsen'schen Kette in

Fig. 22.



ihrer gewöhnlichen Form verbunden sind. Dieselbe ist so eingerichtet, daß jedes Element sich beim Umkehren von selbst entladet. Zu dem Zwecke besteht der ganze Apparat aus zwei Abtheilungen, deren erste eine gewöhnliche Bunsen'sche Kette mit hohler Kohle ist, während die andere die Flüssigkeiten aufnimmt, welche beim Umkehren aus der ersten Abtheilung ausströmen. Die beiden auf einander gesetzten Gläser A und B, welche Fig. 23 (folgende Seite) im Profil zeigt, sind durch eine zwischen ihren verdickten Rändern eingepreßte Scheibe von Hartgummi getrennt, welche Fig. 24 von oben darstellt. Durch die runde Oeffnung o kommt das obere, ein wenig abgedrehte Ende der Kohle c (Fig. 23) und wird oben mit einem Kupferringe k umgeben, der die Scheibe festhält und von welchem der Draht l ausgeht. Die Schräubchen s dienen zur besseren Befestigung

des Zinkcylinders, den man in Fig 23 mit z bezeichnet findet. Durch die Oeffnung d der Gummiplatte Fig. 24 fließt die verdünnte Schwefelsäure, welche zur Erregung des Zinkes dient, aus einem Gefäße ins andere. Durch den Ausschnitt e endlich geht der mit Kautschuk überzogene, vom Kupferringe k kommende Draht l, sowie das vom Zink kommende Kupferband m nach außen. Die obere Oeffnung des Kohlecylinders c (Fig. 23) ist durch einen kleinen, mit Schmirgel eingeriebenen Glaskolben g geschlossen, der etwas mehr Inhalt besitzt, als der Kohlencylinder; beim Umkehren des Apparates nimmt dieser Kolben die zur Füllung des Kohlen-

Fig. 23.

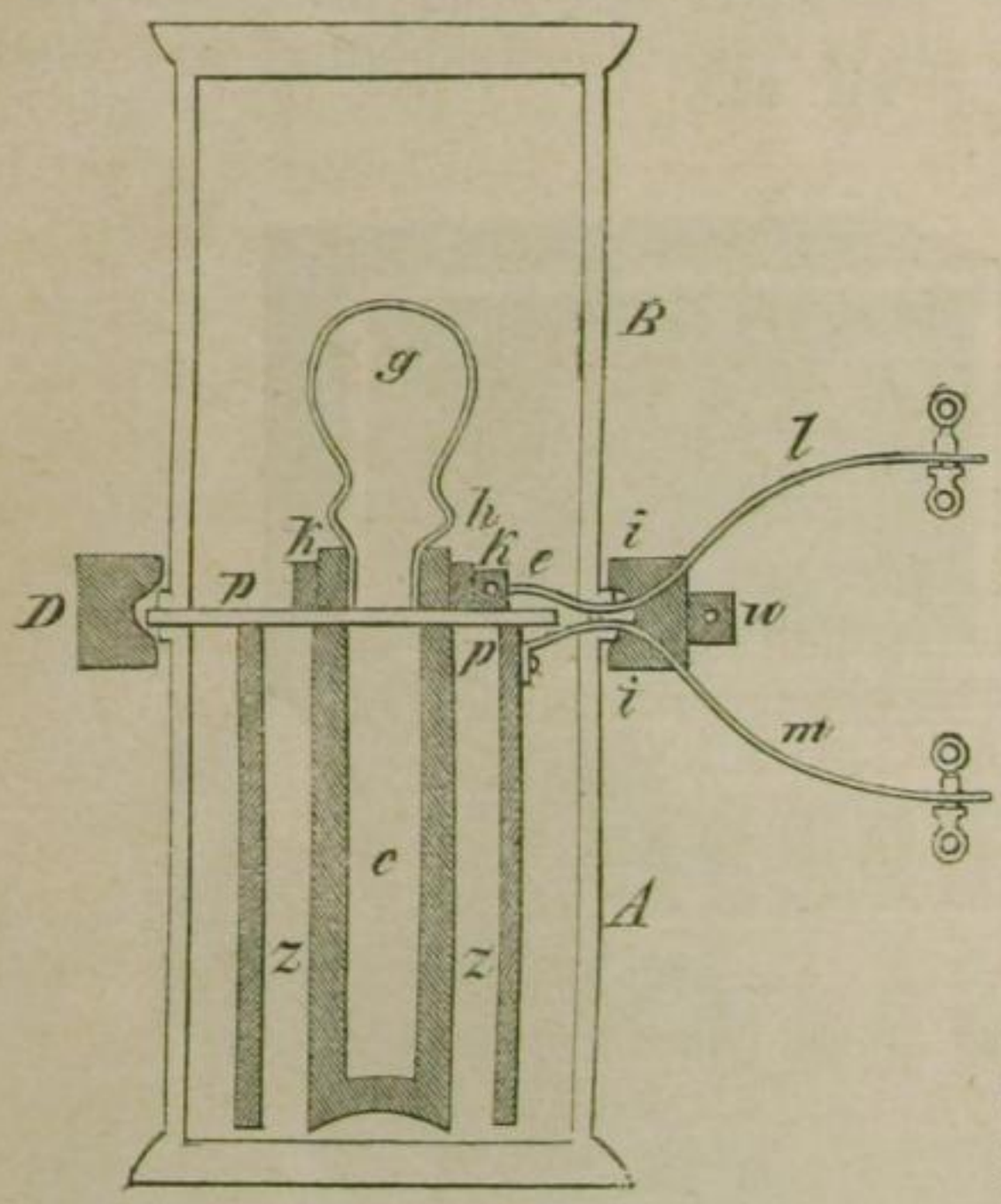


Fig. 24.

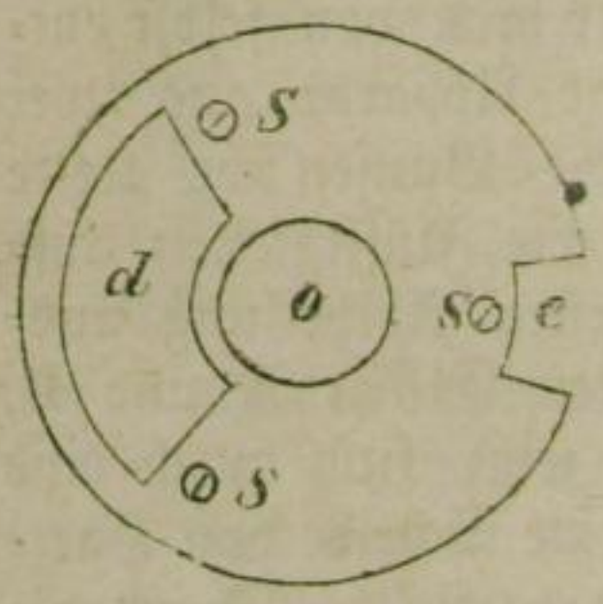
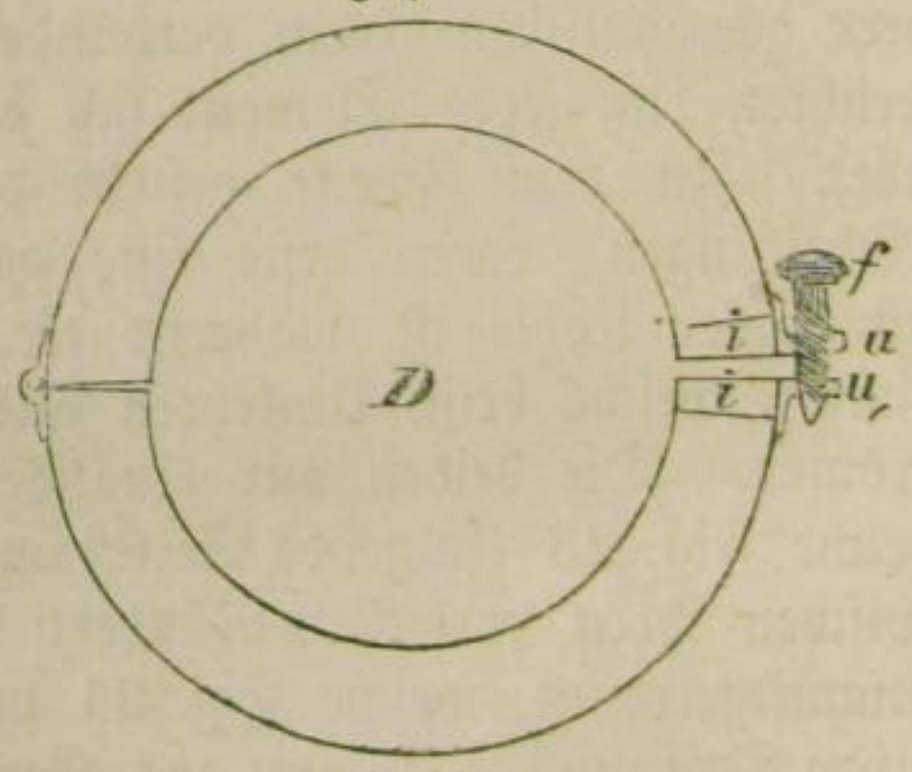


Fig. 25.



cylinders verwendete Salpeter- oder Chromsäure auf. Um das Herausfallen dieses Kolbens, etwa bei kräftigen Stößen, zu verhüten, sind an dem Kupferringe k ein Paar — in der Figur

nicht angegebene — Häkchen angebracht, die den Kolben bei der Erweiterung h festhalten. Um endlich die beiden Gläser fest mit einander zu verbinden, wendet Laschinoff einen aus zwei Theilen bestehenden Holzring D an (Fig. 23 im Profil und Fig. 25 von oben). Eine Schraube f oder ein um u und u, gelegter Gummiring hält die beiden Theile zusammen; der Ausschnitt i gestattet den Austritt der Poldrähte.

Will man ein solches Element außer Thätigkeit setzen, so hat man es nur umzukehren, wobei darauf zu achten ist, daß die Neigung nach der Seite des Ausschnittes d hin erfolgt.

Um solche Elemente zu einer Batterie zusammen zu stellen, bringe man die gewünschte Anzahl zwischen zwei mit passenden Höhlungen für die Gläser versehene Breter, deren Ecken durch Bolzen mit einander verbunden sind; die Holzringe D sind dann entbehrlich. Um die Batterie bequem umkehren zu können, bringt man sie gleich an einer horizontalen Achse an.

Diese Batterie ist bequem im gefüllten Zustande transportabel und daher zur Minensprengung und ähnlichen Zwecken brauchbar. Da man sie lange Zeit nicht wieder zu füllen braucht, so dürfte sie auch für rasch anzustellende Vorlesungsversuche, sowie für medicinische Zwecke, wo es sich darum handelt, sie zeitweilig für kurze Zeit in Thätigkeit zu setzen, gut anwendbar sein.

Auch J. C. d'Almeida's Anordnung einer Batterie Bunsen'scher Elemente, welche Ende Novbr. v. J. der Pariser Akademie vorgezeigt wurde, hat einen ähnlichen Zweck, sie soll sich nämlich leicht und rasch füllen und in Thätigkeit, ebenso rasch aber auch wieder außer Thätigkeit setzen lassen, sie soll leicht und ohne Gefahr des Zerbrechens transportabel sein und wenig Flüssigkeit verbrauchen. Bei diesem Arrangement, das sich natürlich auch auf Batterien anderer Systeme anwenden läßt, stehen sämmtliche Elemente in einem Troge der durch Guttaperchawände in einzelne Zellen getheilt ist. Um alle diese Elemente gleichzeitig mit Schwefelsäure zu füllen, geht von dem Boden eines jeden einzelnen ein Verbindungsrohr nach einer an der Außenseite des Troges bis etwas über das Niveau, das der innere Flüssigkeitsspiegel haben soll, aufsteigenden Röhre, an welche ein Kautschukschlauch angesetzt wird, dessen anderes Ende an dem unten an einer tubulirten

Flasche befindlichen Tubulus befestigt ist. Ist diese Flasche mit der Säure gefüllt, so hat man nur nöthig, sie ein wenig höher, etwa auf den Deckel der Batterie zu stellen, um alle Elemente auf einmal zu füllen. Ebenso rasch geht auch die Entleerung von statten.

In ganz gleicher Weise erfolgt auch die Füllung und Entleerung der porösen Zellen. Mittels einer hohlen konischen Röhre, die durch den Boden geht, ist die poröse Zelle jedes Elementes auf dem zur Zu- und Ableitung der Salpetersäure dienenden Rohre befestigt.

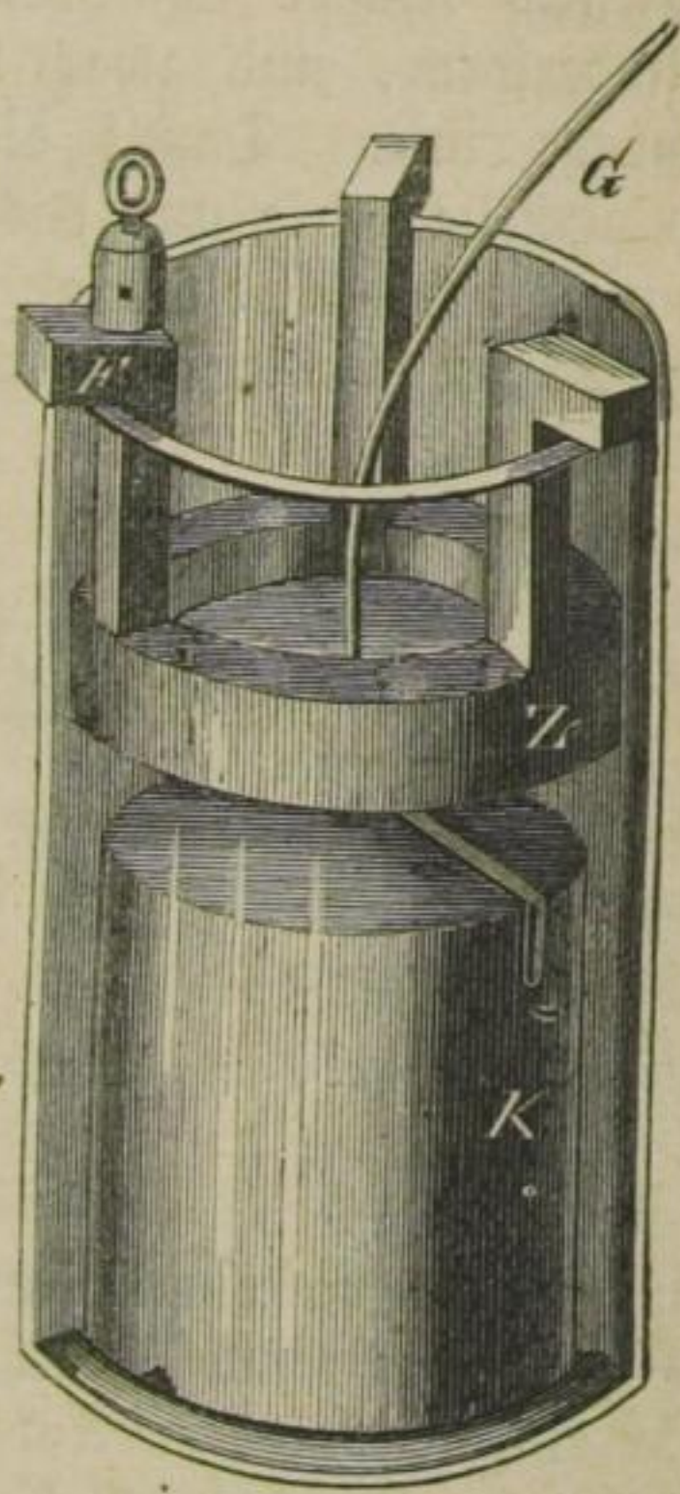
Die Unzerbrechlichkeit sucht d'Almeida dadurch zu erreichen, daß er die porösen Zellen, sowie die Zink- und Kohlenelemente befestigt und ferner Tröge, Röhren und Flaschen aus Guttapercha macht; freilich kann dieses Material auf die Dauer der Einwirkung der Salpetersäure nicht widerstehen.

Foure's Element, welches intensive und ziemlich constante Ströme liefern soll, ist ebenfalls nur eine Modification des Bunsen'schen. Der Kohlenpol hat hier die Form einer cylindrischen, hohlen Flasche, welche oben durch einen Kohlen- oder Platinstöpsel, an dem sich der Polarschluß befindet, geschlossen ist. Dieser Kohlenpol wird concentrisch in einem amalgamirten Zinkringe aufgehängt und das Ganze in ein passend geformtes Batterieglas eingesetzt. In den Raum um den Zinkring kommt verdünnte Schwefel-, in die Kohlencylinder concentrirte Salpetersäure; den Cylinder darf man nicht ganz füllen, um Platz für die sich entwickelnden Untersalpetersäure-Dämpfe zu lassen, deren Entweichen man durch einen dichten Schluß des Stöpsels verhütet. Nach C. Becker liefern solche Elemente intensivere und constantere Ströme als Bunsen'sche von gleich großen Polflächen.

Die Kupfer-Zink-Batterie von Ludwig Kohlfürst, welche Fig. 26 zeigt, besteht aus dem Zinkelemente Z, dem Kupferelemente K und dem Batterieglase. Das Zinkelement Z ist ein flacher, mit einem cylindrischen Rande versehener Zinkkuchen, dessen Unterseite etwas concav gewölbt ist. In der Mitte hat er ein cylindrisches Loch, um den Gasen Abzug zu gestatten und durch dieses geht zugleich auch der mit Guttapercha überzogene Kupferdraht G, welcher unten an das Kupferelement K angelöthet ist; an Z sind drei Träger F angegossen, um das

Einhängen in das Glas zu ermöglichen; an einem derselben ist die Klemme zur Aufnahme des vom Zink kommenden Poldrahtes angebracht. Das Kupferelement ist ein hohler, aus dünnem Kupferblech gestanzter, unten offner Cylinder, der inwendig, sowie am untern Rande bis etwa 1½ Zoll Höhe auch auswendig lackirt, sonst blank ist. Seine obere, etwas gewölbte Fläche hat in der Mitte eine Oeffnung und der untere Rand hat drei oder vier Ausschnitte.

Fig. 26.



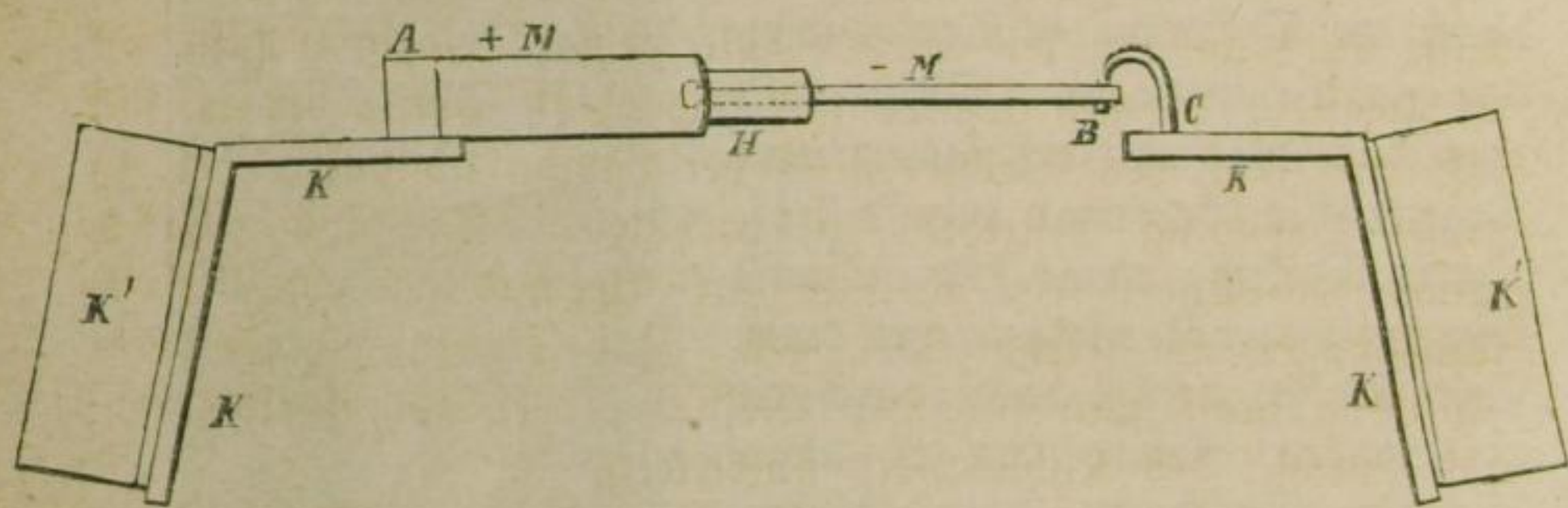
Um das Element in Thätigkeit zu setzen, füllt man den Hohlcylinder K mit Kupfervitriol-Krystallen an, stürzt das Batterieglas darüber, dreht das Ganze um und hängt dann, indem man den Draht G durch die Oeffnung in Z durchzieht, das Zinkelement ein. Dann füllt man das Glas mit destillirtem oder Regenwasser, dem man behufs kräftigerer Wirkung etwas schwefelsaure Magnesia oder Kochsalz zusetzen kann. Das Wasser dringt dabei durch die am untern Rande von K angebrachten Einschnitte zum Kupfervitriol und löst ihn, die Luft entweicht durch die Oeffnung im Deckel von K. Ein Element von der vierfachen Größe der Abbildung soll erfahrungsmäßig einen Strom geben, wie er für den Betrieb von elektrischen Glockensignalen ausreicht und zwar constant auf ein Jahr lang. Man hat dabei nur nöthig, von Zeit zu Zeit das verdampfte Wasser durch neues zu ersetzen, sowie etwa aller 4 Monate, wenn sich zuviel Zinkvitriol aufgelöst hat, einen Theil der gesättigten Lösung zu entfernen und dafür Wasser zuzugießen.

Eine neue Thermosäule von Franz Noë in Wien wird von A. v. Waltenhofen ihrer großen Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit wegen empfohlen. In beiderlei Hinsicht soll sie entschieden der Marcus'schen Thermosäule (s. Jahrgang II dieses

Jahrb., S. 110) überlegen sein. Außerdem hat sie noch den Vorzug, daß sie auch ohne nasse Kühlung — mit sogenannter Luftkühlung — in Thätigkeit gesetzt werden kann, was ihre Handhabung einfacher und bequemer macht.

Das negative Metall des Noë'schen Elementes, —M ist eine in Drahtform ausgezogene, dem Neusilber ähnliche Legirung, das positive Metall +M ist durch Guß hergestellt, sehr spröde und noch leichter schmelzbar als Antimon; es hat ebenfalls Cylinderform, und zwar liegen die Längenachsen beider M in gerader Linie. Damit die Heizflamme nicht direct auf die Contactstelle wirke und das +M zum Schmelzen bringe, so hat man über —M dicht an +M einen kurzen Hohlcylinder H Fig. 27, aus Kupfer geschoben, auf den die Flamme wirkt.

Fig. 27.



Zur Herstellung eines innigen Contactes beider M ist ferner das zu einem Knopfe verdickte Ende von —M im Innern von +M eingeschmolzen. Am andern Ende von +M dagegen ist ein kleiner Kupferblock A und am freien Ende von —M ein federnder Metallbügel BC angelöthet, welcher letztere die Bestimmung hat, der Ausdehnung und Zusammenziehung des Metalles bei Temperaturwechsel den nöthigen Spielraum zu gewähren und die wegen der Sprödigkeit der +M sonst leicht eintretende Sprengung des Zusammenhanges zu verhüten. Das Kupferblöckchen A, sowie das Bügelende C sind auf die Enden von ein Paar einander gegenüber stehenden Streifen dicken Kupferbleches K aufgelöthet, welche die empfangene Wärme entweder an Kühlwasser oder an die Luft abgeben. Um für den letzteren Fall eine größere ausstrahlende Oberfläche zu gewinnen, sind an beide K noch breite Streifen dünnen Kupferbleches K'

angelöthet, welche winkelförmig nach außen gebogen sind, damit man die einzelnen Elemente dicht hinter einander aufstellen kann.

Die einzelnen Elemente, deren Anordnung uns Fig. 27 zeigt, sind nun derart hinter einander aufgestellt, daß immer das +M des einen hinter dem —M des andern liegt, daß also das +M des einen links, das des nächsten rechts liegt u. s. w. Die Wärmeableiter K sind auf einem isolirenden Gestell in zwei einander gegenüberstehenden Reihen so befestigt, daß die mittlern Querschnitte der Heizcylinder H in eine vertikale Ebene zu liegen kommen. In dieser Linie liegt die Feuerlinie der Heizlampe.

Die Heizung kann mit Spiritus, aber auch mit Gas erfolgen.

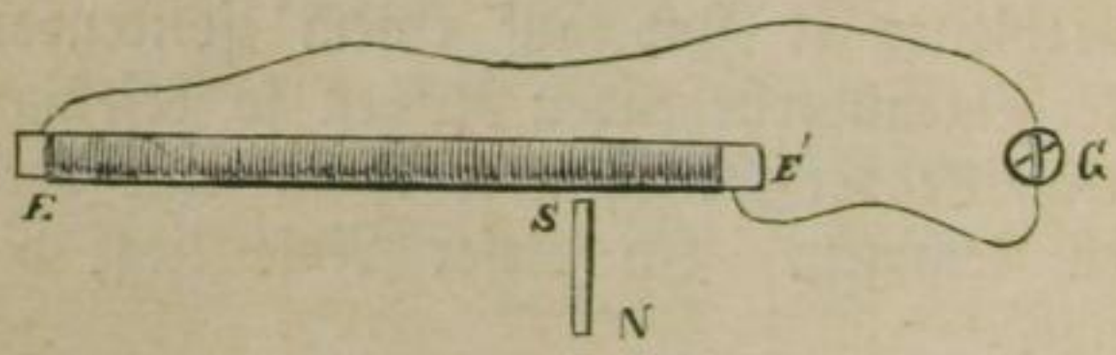
Im ersten Falle wendet Noë für die Kupferstreifen K nasse Kühlung an; die ganze Säule steht in einem Gefäße mit Kühlwasser, welches letztere nur die obern Theile der K frei läßt und auch den Dochtbehälter der Lampe umspült, um zu große Erhitzung desselben zu verhüten. Die ins Wasser tauchenden Enden der K sind zur Vermeidung von Nebenschließungen mit Firniß überzogen. Zur Erzielung einer steten Kühlung kann man entweder Eisstücke, oder auch fortwährenden Wechsel des Kühlwassers anwenden.

Bei Gasheizung dient als Lampe eine Reihe senkrecht stehender Messingröhrchen, deren jedes einen Bunsenbrenner repräsentirt. Die Säule wird in diesem Falle für Luftkühlung eingerichtet, es sind also die Platten K′ anzubringen. Das Ganze steht auf einem passenden Gestell auf einer Grundplatte.

Aus den Versuchen, die Waltenhofen mit einer Kette von 72 Elementen angestellt hat, ergiebt sich, daß ungefähr 11 gewöhnliche Wismuth-Antimon-Elemente von 0° und beziehentlich 100° C. Löthstellen-Temperatur nöthig sein würden, um die elektromotorische Kraft eines einzigen Noë'schen Elementes zu ersetzen. Man kann auch schon mit einem einzigen solchen Elemente verhältnißmäßig bedeutende Wirkungen erreichen, z. B. mittels eines geeigneten Inductionsapparates, dessen Unterbrecher man mit der Hand bewegt, physiologische Wirkungen ꝛc.

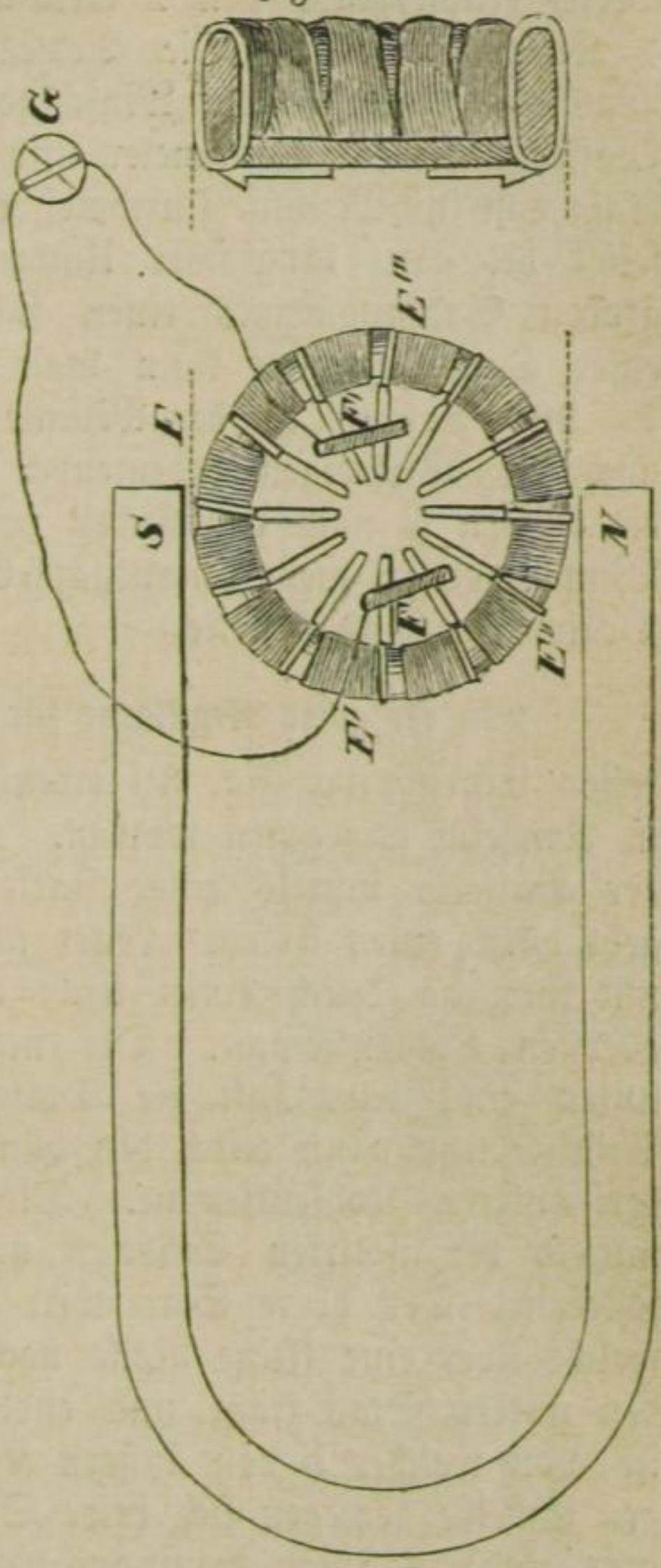
Gramme's magneto-elektrische Maschine mit continuirlichem Strom. Inductionsströme sind gewöhnlich momentan und von wechselnder Richtung; indessen kann man die Anordnung auch so treffen, daß die Richtung der erregten Ströme continuirlich dieselbe bleibt. Ist beispielsweise EE', Fig. 28, ein Kern aus weichem Eisen, der mit isolirten Windungen eines Leitungsdrahtes umwickelt ist und bewegt man einen Magnet NS parallel zu seiner Richtung und so daß er immer gleiche Entfernung von EE' behält, so wird in den Windungen ein elektrischer Strom entwickelt, der immer dieselbe Richtung behält, während sich NS von E bis E' bewegt, wie man mittels des Galvanometers G erkennen kann. Um nun einen continuirlichen Strom mittels Induction zu erhalten, giebt Gramme dem Eisenkerne eine kreisförmig geschlossene Form, wie EE'E''E''' in Fig. 29 angiebt, der Magnetstab NS dagegen hat Hufeisenform. Wird nun der Eisenkern um seine Achse gedreht, so werden in den den Magnetpolen N und S benachbarten Theilen der Umwicklung des Eisenkernes Ströme von entgegengesetzter Richtung entwickelt, welche vermittels der beiden Contacte F und F', die in den Zwischenlagen angebracht sind, weiter fortgeleitet werden. Was den Contact betrifft, so giebt Gramme an, daß man bei kleinen Eisenkernen, die blos von einer einzigen Lage Leitungsdraht bedeckt sind, denselben in der Weise herstellen könne, daß man die Leitung an einigen Stellen zu entblößen und dort mittels einer schleifenden Feder oder dergl. eine metallische Berührung herzustellen habe. Wenn man aber vielfache Windungen benutzt, so kann man die Sache so arrangiren, wie bei der von dem Erfinder der Pariser Akademie vorgezeigten Maschine. Nach einer gewissen Anzahl von Umwindungen, im erwähnten Falle 300, befestigt man den Windungsdraht an einem isolirten, speichenförmigen Messingarme, gegen welchen die schleifende Feder trifft; dann wird der Draht, ohne ihn zu unterbrechen in 300 weiteren Windungen um den ringförmigen Kern ge-

Fig. 28.



wunden. Die sämmtlichen Drahtwindungen bilden auf diese Weise einen ununterbrochenen Leiter, der in eine bestimmte Anzahl gleicher Abschnitte getheilt ist, deren Verbindungsstellen an Metallstücke von genügender Stärke, um eine fortgesetzte Reibung auszuhalten, angelöthet sind. Fig. 29 zeigt die speichenförmigen Messingstücke; die schleifenden Theile F und F′ berühren immer gleichzeitig mehrere derselben.

Fig. 29.



Uebrigens kann man auch auf denselben Ring zwei Magnete, also vier Pole anstatt zweier, wirken lassen; doch ist dann für jeden Pol ein schleifendes Stück F nöthig. Auch kann man statt der Stahlmagnete Elektromagnete anwenden, welche von einem Theile des Stromes der Maschine selbst belebt werden. Anfangs wirkt, wie bei den bekannten Maschinen von Siemens und Ladd (s. Jahrg. IV dieses Jahrb., S. 139 u. f.) der geringe im Eisenkerne noch rückständige Rest des Magnetismus, bis nach einer Anzahl Umdrehungen die Maschine ihre volle Kraft erlangt.

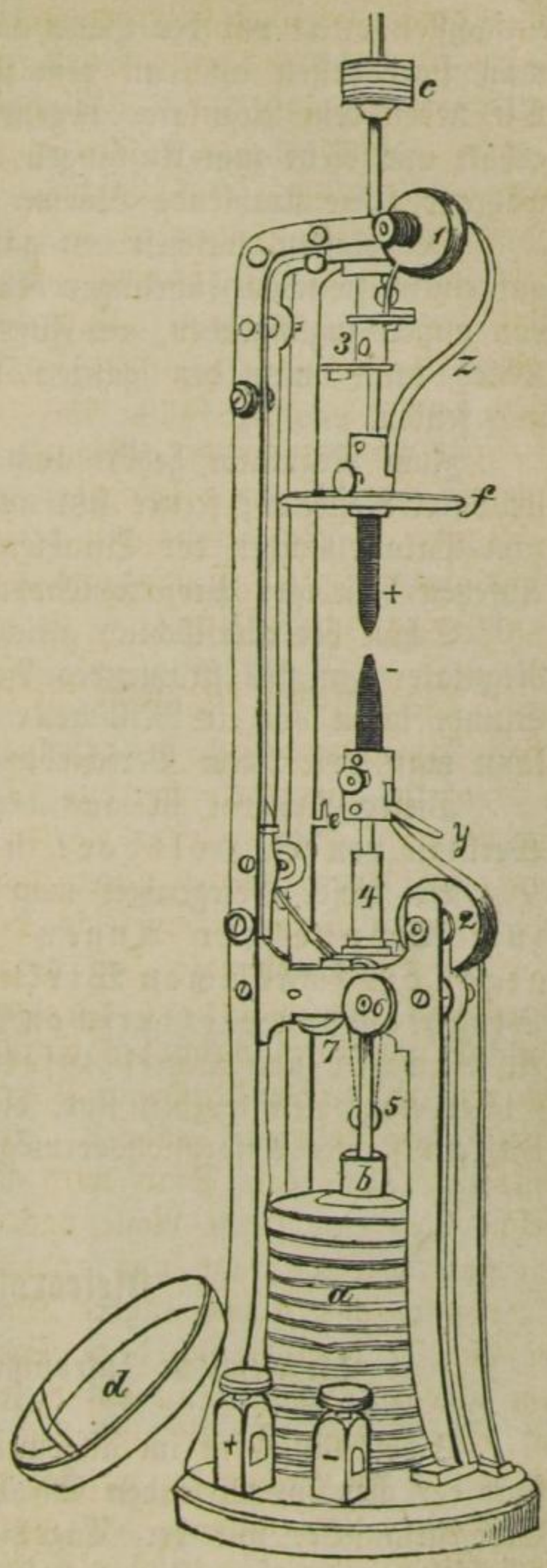
Die letztere Einrichtung hatte auch der am 17. Juli 1871 von Gramme der Akademie vorgezeigte Apparat. Zwei Elektromagnete mit vier Polen wirken auf einen Ring. Von den vier Schleiffedern führen zwei die Hälfte des erzeugten Stromes

nach den Elektromagneten, zwei liefern den äußern Strom. Auf jedem Theile eines Elektromagneten sind 7 Kilogr. 3 Millim. starken Kupferdrahtes aufgewickelt. Der Ring selbst trägt 200 Meter Kupferdraht von 2 Millim. Durchmesser und ungefähr 7 Kilogr. Gewicht. Die Bewegung erfolgt mit der Hand. Was die Leistungen der Maschine betrifft, so zersetzt sie das Wasser in einem Voltameter und bringt 25 Centimeter Eisendraht von 0,9 Millim. Durchmesser zum Glühen und Schmelzen; selbst bei ganz langsamer Umdrehung giebt die Nadel eines groben Galvanometers einen sichtbaren Ausschlag. Mittels einer Dampfmaschine kann man die Geschwindigkeit leicht auf 7—800 Touren in der Minute steigern, in welchem Falle auch die Wirkungen bedeutender werden. Uebrigens werden die letztern je nach Umständen verschieden: ein starker, kurzer Windungsdraht giebt Quantitäts-Effecte, ein langer und dünner Draht Spannungseffekte.

Ein einfacher Regulator für elektrisches Kohlenlicht,

dessen Einrichtung Fig. 30 erkennen läßt, ist von G. Mos in Arnheim angegeben worden. Der positive Strom tritt von der Batterie mittels einer starken Klemmschraube unten ein, geht durch einen isolirten Leiter nach oben zum runden Stück 1 und von da durch einen leicht beweglichen Kupferstreifen zur obersten Kohlenklemme. Der negative Strom tritt ebenfalls unten ein, durchläuft die Drahtrolle a, geht zum isolirten Stück 2 und dann durch den dünnen Kupferblechstreifen y nach der unteren Kohlenklemme. Die Kohlenelektroden selbst sind mittels der isolirten Stäbe 3 und 4 leicht auf- und ab zu schieben. Der obere Stab wird durch eine Schnur getragen, welche über eine kleine Rolle nach unten läuft, dort, bei 5, den untern Stab trägt und endlich an einer Scheibe befestigt ist, von welcher b den äußern Knopf darstellt. Bei Drehung der Scheibe bewegen sich beide Spitzen in gleichem Sinne auf- oder abwärts; man kann auf diese Weise das elektrische Licht auf eine gewisse Stelle einstellen. Am obern Stabe befindet sich ferner ein Gewicht c, welches die beiden durch die Schnur verbundenen Kohlenspitzen stets gegen einander treibt, und zwar die positive doppelt so rasch als die andere. Sobald aber beide Kohlenspitzen einander berühren, wird ein an der unteren Kohle

Fig. 30.



befestigter Eisenstab in die Drahtrolle a hineingezogen, wodurch die Kohlenspitzen wieder von einander entfernt werden. Durch die gleichzeitige Wirkung dieses Eisenkernes und des Gewichtes c stellt sich ein Gleichgewichtszustand heraus, der die beiden Spitzen in einer gewissen Entfernung hält, welche mittels c beliebig regulirt werden kann; zu dem Zwecke ist das Gewicht c aus mehreren Scheiben zusammengesetzt. Da die positive Elektrode nicht genau doppelt so rasch abbrennt, als die negative, sondern dieses Verhältniß bei verschiedenen Kohlensorten verschieden ist, so muß die Bewegung der Spitzen dem entsprechend noch besonders regulirt werden. Deshalb ist die Schnur bei den beiden in der Abbildung nur wenig sichtbaren, auf der nämlichen Achse befestigten Scheibchen 7 durchschnitten und jedes Ende ist an einem Scheibchen befestigt. Der Durchmesser des oberen Scheibchens kann nun durch ein sinnreiches System von in einander greifenden kegelförmigen Stücken vergrößert und verkleinert werden, wodurch der Gang der obern Spitze rascher oder langsamer wird. Diese Regulirung muß außer-

halb des die ganze Lampe einschließenden Kastens und am einfachsten direct mit der Hand ausgeführt werden; doch kann man statt dessen auch an dem Knopfe der Scheibe 6 drehen. Die neben dem Regulator liegende Scheibe d wird bei e angehäkt und dient zum Auffangen abspringender Kohlenstückchen, während f die strahlende Wärme abhält.

Der Kasten, welchen den ganzen Regulator umfaßt, ruht auf einem zwischen Führungen beweglichen Bügel; mittels eines von außen zugänglichen, am Fuße des Regulators angebrachten Keiles kann man den ganzen Regulator im Kasten heben und senken.

Zum Regulator gehört auch noch ein metallner, beliebig stellbarer Reflector; ferner sitzt am Kasten ein Rohr mit Linsen zum Parallelmachen der Strahlen und einer Vorrichtung zum Ansetzen beliebiger Projectionsapparate.

Schon bei oberflächlich gleichartigen Kohlenspitzen giebt der Regulator ein still strahlendes Licht, welches in einer halben Stunde kaum um ein Millimeter seine Stelle ändert; natürlich kann man diese kleine Verschiebung reguliren.

Dieser Apparat ist aus der mechanischen und optischen Werkstatt von B. Holsboer in Arnheim zu beziehen.

Bei dieser Gelegenheit mag noch erwähnt werden, daß zum Schutze der Augen der Experimentatoren gegen die schädlichen Wirkungen der ultravioletten Strahlen des elektrischen Lichtbogens neuerdings von A. Brachet und Emil Gsell uran- oder eisenoxydhaltige Gläser empfohlen worden sind, die, wie schon Stokes gezeigt hat, ein starkes Absorptionsvermögen für diese Strahlen besitzen.

Meteorologie.

Die chemische Intensität des Sonnenlichtes.

Schon längst ist im allgemeinen bekannt, daß die Intensität der chemisch wirkenden Strahlen, die von der Sonne zur Erde gelangen, mit der Tages- und Jahreszeit bedeutendem Wechsel unterworfen ist und daß dieselbe auch an verschiedenen Orten verschiedene Werthe hat. Eine genaue Kenntniß dieser

Verhältnisse ist aber bei dem bedeutenden Einflusse, den ohne Zweifel die chemisch wirksamen Strahlen auf die Flora und Fauna eines Landes ausüben, von eben so hohem Interesse als die Kenntniß, die wir in dieser Hinsicht rücksichtlich der Wärmestrahlen besitzen. Eine einfache Methode, um zu einer solchen Kenntniß zu gelangen, ist vor einigen Jahren von Bunsen und Roscoe angegeben worden. Die Messung der chemischen Intensität erfolgt mittels photographischen Papiers, das mit einer Schicht Chlorsilber überzogen ist, und die Methode gründet sich einmal darauf, daß es leicht ist ein photographisches Normalpapier herzustellen, welches denselben Grad von Lichtempfindlichkeit hat, und weiter, daß durch das Licht dieselbe Schwärzung erzeugt wird, wenn das Product aus Lichtintensität und Zeit gleich groß ist.

Eine Reihe solcher Beobachtungen wurden im Jahre 1866 im Observatorium von Kew bei London gemacht. Ihre Ergebnisse sind auf den nachstehenden beiden Abbildungen angegeben. Wir sehen da das Steigen und Fallen der monatlichen chemischen Intensität des Lichtes während des Tages von 6 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends dargestellt durch das Steigen und Fallen krummer Linien.

Man erkennt aus diesen Figuren, daß die Intensität

Fig. 31.

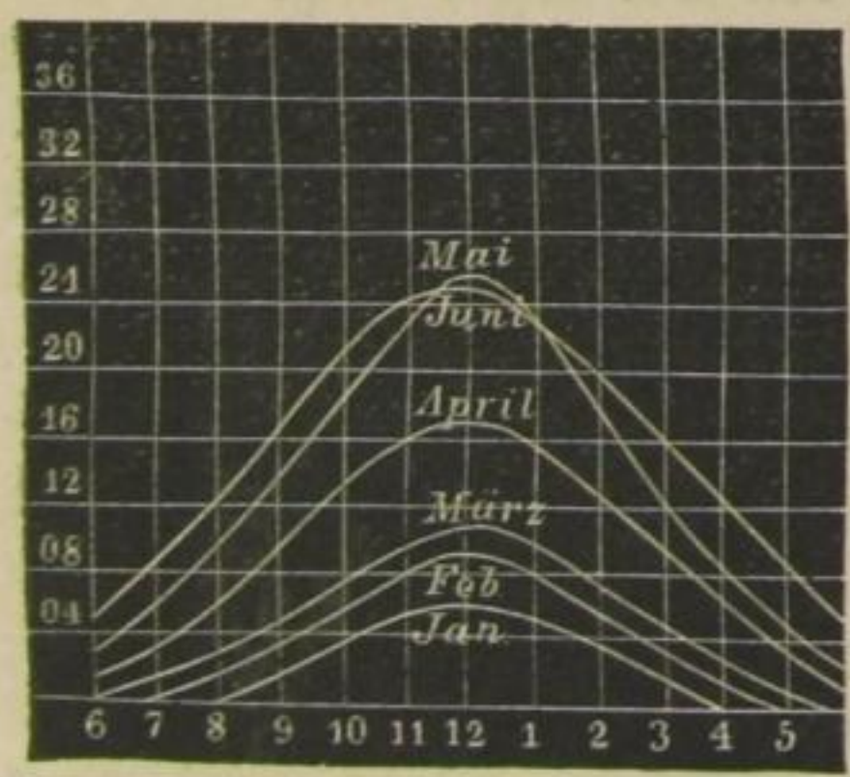
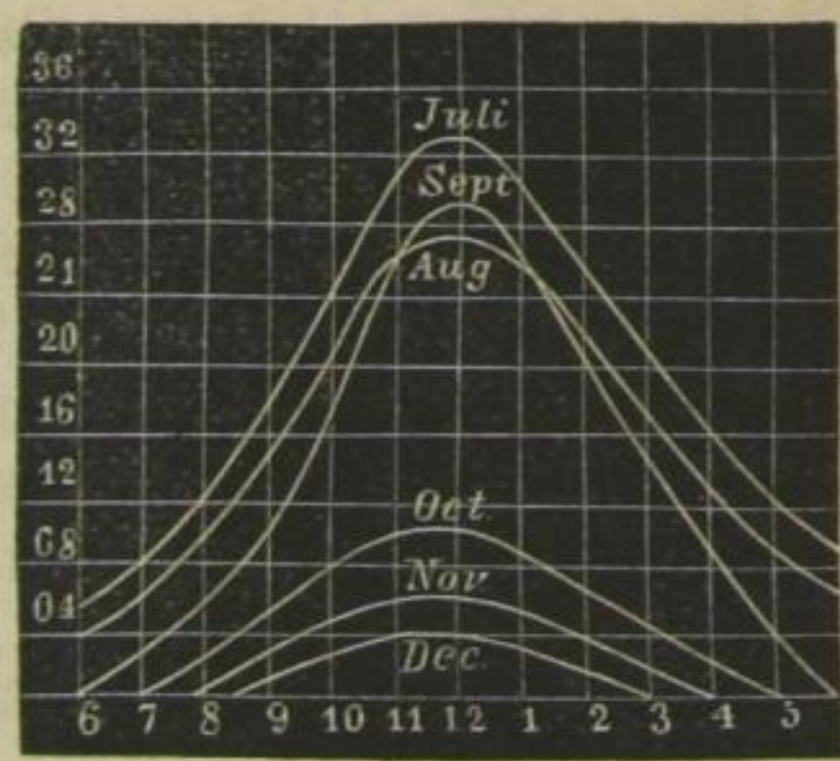


Fig. 32.



Mittags am größten und daß sie gleiche Werthe besitzt für zwei Zeitpunkte, die vom Mittag gleich weit entfernt sind. Sehr verschieden ist aber die Intensität in den verschiedenen Monaten. Die Gesammtintensität während eines Monates wird dargestellt

durch die Fläche zwischen der Curve und der untersten geraden Linie. Bezeichnet man diese Fläche für die Julicurve mit 100, so ist dieselbe für die Januarcurve nur 14; es ist also Mitte Sommers die chemische Wirkung der Sonnenstrahlen mehr als siebenmal so groß als Mitte Winters.

Von noch größerem Interesse muß es sein, die chemische Intensität der Sonnenstrahlen an verschiedenen Orten der Erde mit einander zu vergleichen. Nach den Angaben von reisenden Photographen soll es um so schwieriger sein gute Aufnahmen zu erhalten, je mehr man sich dem Aequator nähert und man soll dort genöthigt sein, die photographische Platte länger dem vollen Glanze der tropischen Sonne auszusetzen, als man dies in der nebeligen Atmosphäre von London nöthig hat. In Mexiko soll man 20—30 Minuten nöthig haben, um eine Schwärzung zu erhalten, die in London in einer Minute eintritt. Es sollen sogar Reisende dieser Uebelstände halber bei der Aufnahme der Alterthümer von Yucatan den Bleistift der Camera vorgezogen haben.

Angesichts solcher Berichte sind nun die Messungen von Interesse, welche T. E. Thorpe zu Para an einer der Mündungen des Amazonenstromes im Jahre 1866 ausgeführt hat. Die beiden folgenden Figuren, ebenso wie die vorhergehenden zwei dem Roscoe'schen Werke über Spektralanalyse entlehnt, geben uns die Intensitäten für den 23. April (Fig. 33) und für den 25. April 1866 (Fig. 34) an. Die Curven welche an beiden Tagen in Kew beobachtet wurden, sind zur Vergleichung punktirt angegeben. Zum bessern Verständniß der Curven für Para mag zunächst daran erinnert werden, daß die Messungen während der Regenzeit angestellt worden sind. Auffallend erscheint der ungemeine Wechsel der chemischen Intensität in den Tropen während der Regenzeit. „Regelmäßig am Nachmittag und manchmal auch zu andern Tagesstunden überzieht sich der Himmel mit schwarzen Gewitterwolken, welche, während sie den Regen in Form eines Wolkenbruches herabsenden, die chemische Wirkung der Sonne beinahe auf Null herabdrücken. Das Gewitter verzieht sich rasch und die chemische Intensität steigt wieder rasch auf ihren normalen Werth." Die Vergleichung der Curven für Kew und Para zeigt übrigens auf einen Blick die bedeutende Größe der chemischen Intensität

für Para; die mißlungenen Versuche von Photographen in den Tropen sind also wohl kaum dem Mangel an chemischer Wirkung des Lichtes zuzuschreiben. Roscoe hält es für wahr=

Fig. 33.

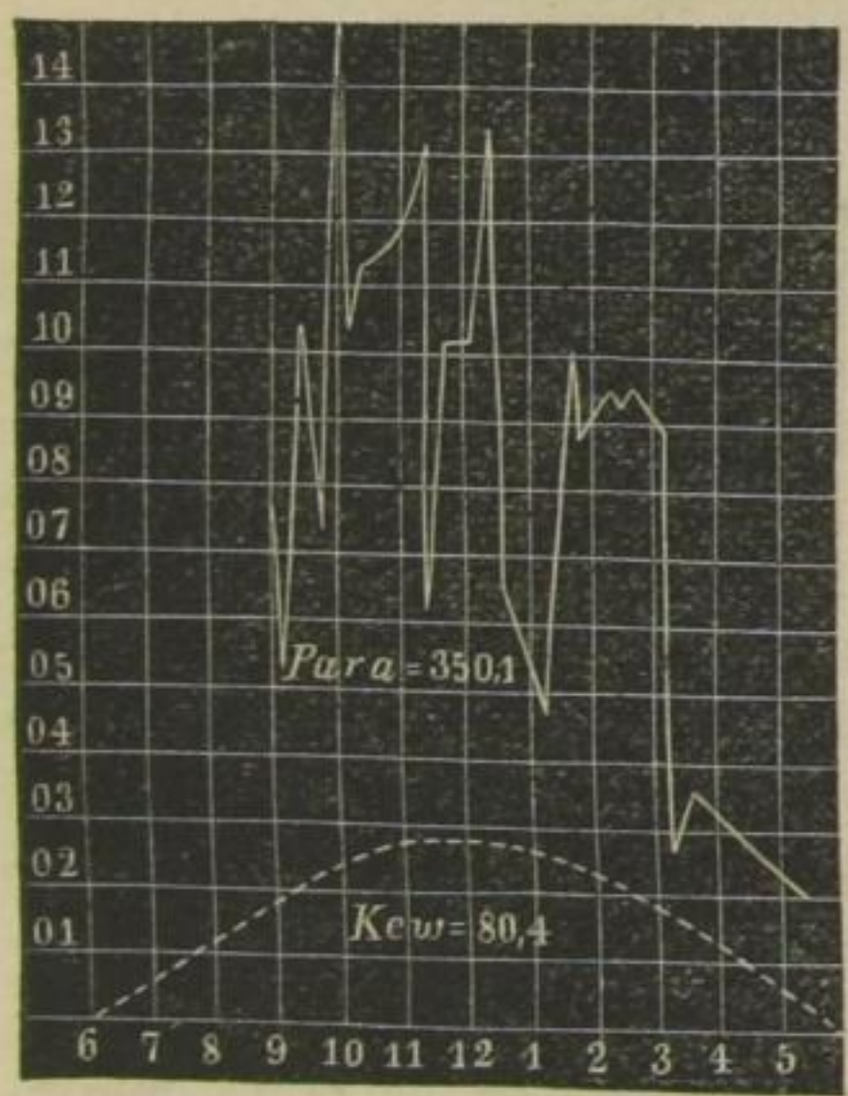
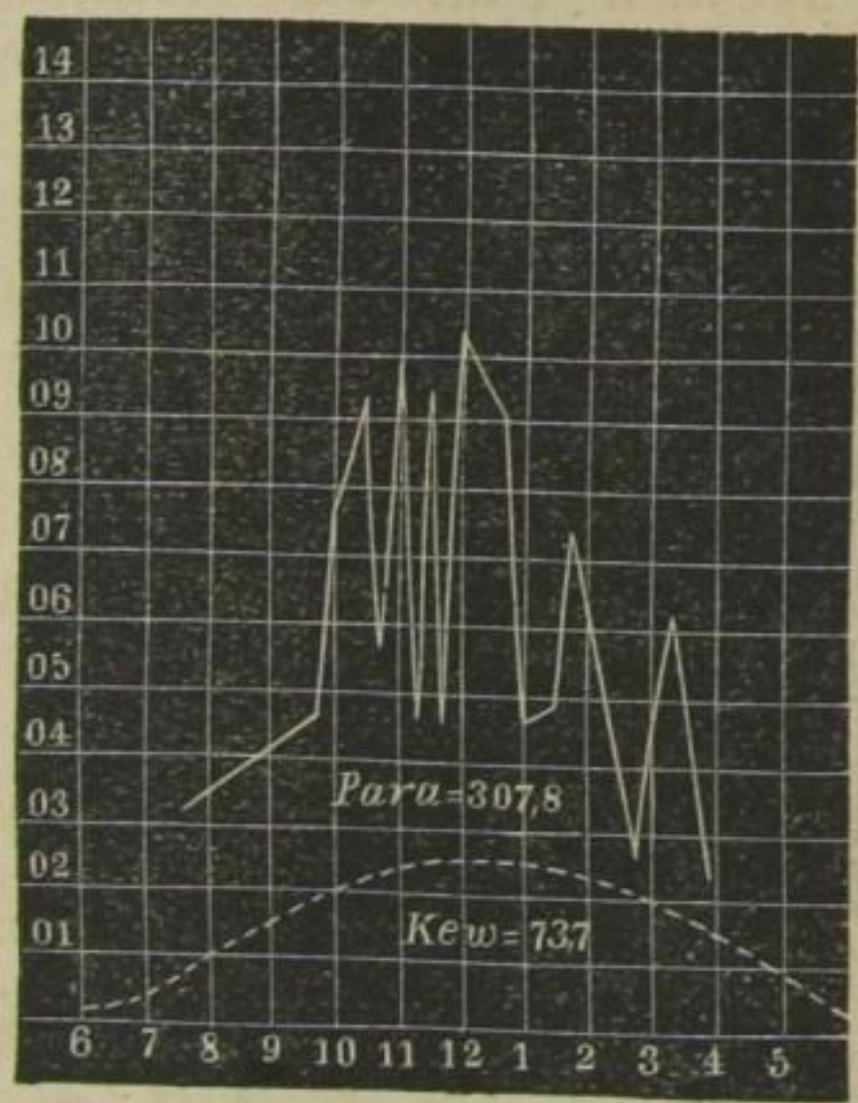


Fig. 34.



scheinlich, daß ein beständiger Wechsel der Dichte in den Luftschichten zwischen Object und Camera die Entstehung eines deutlichen Bildes verhindert habe.

Im Herbste des folgenden Jahres, 1867, haben Roscoe und Thorpe weitere Messungen, und zwar unter dem wolkenfreien Himmel Portugals angestellt. Der Beobachtungsort Quintado Estero Furado liegt auf dem flachen Hochlande an der Südseite des Tajo, ungefähr 8½ (engl.) Meilen südlich von Lissabon unter 38° 40′ n. Br.

Das schon oben erwähnte Gesetz, daß zu gleicher Zeit vor und nach Mittag die chemische Intensität des Sonnenlichtes die gleiche ist, bestätigt sich auch hier, wie uns Fig. 35 zeigt, welche den täglichen Gang der chemischen Intensität an der portugiesischen Station nach dem Mittel der angestellten Beobachtungen, verglichen mit dem zu Kew für August und dem von Para für den April des vorhergehenden Jahres darstellt. Die mittlere chemische Intensität für Kew wird durch 94,5, die von Lissabon durch 110 und die von Para durch 313,3 ausgedrückt. Von Interesse ist die Unterscheidung des directen

Sonnenlichtes und des zerstreuten Lichtes der Atmosphäre. Um die chemische Intensität des letzteren allein zu erhalten, wurde das lichtempfindliche Papier in den Schatten einer berußten Messingkugel gelegt. Die neben stehende Fig. 36 zeigt in der punktirten Linie die Intensität der chemischen Strahlen des

Fig. 35.

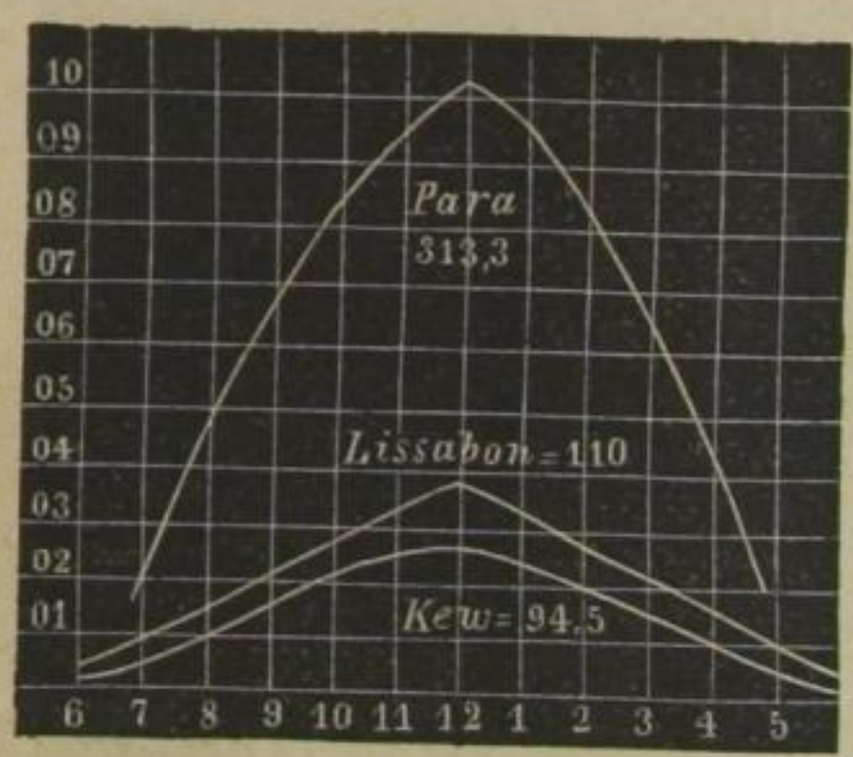
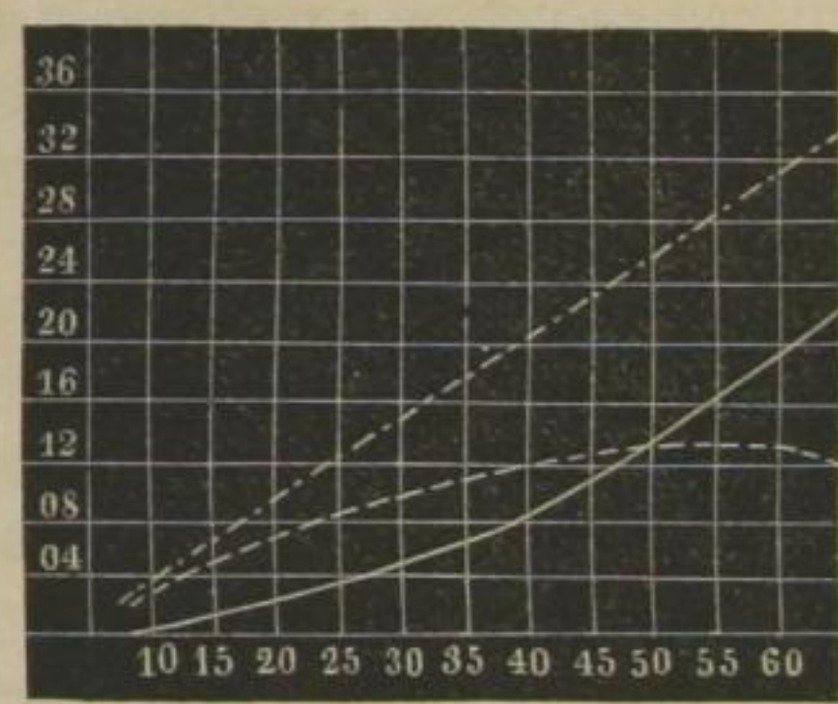


Fig. 36.



zerstreuten Lichtes, in der ausgezogenen Linie aber diejenige des directen Sonnenlichtes, in der strichpunktirten Linie endlich die Summen beider, also die Intensität, welche man erhält, wenn man das empfindliche Papier den Sonnenstrahlen aussetzt. Unten sind aber in dieser Figur nicht die Stunden, sondern die Sonnenhöhen von 5 zu 5 Grad angegeben worden. Die drei Curven dieser Figur zeigen uns also die Abhängigkeit der verschiedenen Intensitäten von der Sonnenhöhe für den portugiesischen Beobachtungsort. Zunächst bemerkt man nun, daß die chemische Intensität des zerstreuten Tageslichtes für kleinere Höhen bis zu 50° größer ist, als die des directen Sonnenlichtes; bei 50° schneiden sich die beiden Curven und von da an ist die chemische Intensität der directen Sonnenstrahlen größer. Die Curve der chemischen Gesammtintensität ferner ist eine gerade Linie, die Aenderungen dieser Intensität sind also denen der Sonnenhöhe proportional.

Das letztere Gesetz ist auch anderwärts verificirt worden; doch ist diese gerade Linie für verschiedene Orte der Erde und für verschiedene Jahreszeiten sehr verschieden, was man als eine Folge der verschiedenen Opalescenz der Luft zu betrachten hat.

Rücksichtlich des zuerst erwähnten Punktes muß angeführt

werden, daß Bunsen und Roscoe schon früher (im J. 1859) gezeigt haben, „daß an allen Orten, an denen die Sonne sich zu einer Höhe von über 20° 56′ über den Horizont erhebt, die chemische Wirkung des zerstreuten Tageslichtes größer ist, als diejenige des directen Sonnenlichtes, bis die Sonne zu einer gewissen Höhe über den Horizont gestiegen ist. Nach und nach wird ein Punkt erreicht, an dem das directe Sonnenlicht und das zerstreute Tageslicht dieselbe chemische Wirkung besitzen und von welchem an die Wirkung des ersteren kräftiger wird als die des letzteren."

Es wurde oben bemerkt, daß diese Untersuchungen ein besonderes Interesse gewähren wegen der Bedeutung der chemischen Strahlen für das Pflanzen- und Thierleben. In dieser Hinsicht verdient aber eine Bemerkung von Lommel (in der oben erwähnten Arbeit über Fluorescenz) Beachtung. Derselbe macht darauf aufmerksam, daß die Wirkung der Strahlen auf Silbersalze ebensowenig wie die Lichtstärke, wie wir sie mit unserm Auge wahrnehmen, einen Maßstab abgiebt für den Einfluß, den die Sonnenstrahlen auf das Pflanzenleben ausüben. „Chemisch kann jeder Strahl wirken, der absorbirt wird; verschiedene Körper absorbiren verschiedene Strahlen, in dem einen bringt des Roth, in einem andern das Violett chemische Wirkungen hervor. Daß das Violett und Ultraviolett von den empfindlichen Silbersalzen und dem Chlorknallgas absorbirt und zu chemischer Arbeit verwendet werden, berechtigt nicht, diese vorzugsweise als „chemische Strahlen" zu bezeichnen." Zur chemischen Wirksamkeit gehört nach Lommel zweierlei: erstens müssen die betreffenden Strahlen absorbirt werden und zweitens müssen sie eine hinlängliche mechanische Intensität besitzen. Zur Messung dieser mechanischen Intensität, d. i. der lebendigen Kraft der Aetherschwingungen, läßt sich aber die Eigenschaft des Kienrußes, alle Strahlengattungen gleich vollständig zu absorbiren und in Wärme umzusetzen, benutzen. „Führt man die mit Ruß geschwärzten Löthstellen einer linearen Thermosäule dem Spektrum entlang, so giebt der Ausschlag des Galvanometers die mechanische Intensität an, welche an jeder Stelle des Spektrums herrscht. Für die Assimilationsthätigkeit der Pflanze sind die wirksamsten Strahlen diejenigen, welche durch das Chlorophyll am stärksten absorbirt werden und zugleich eine

hohe mechanische Intensität (Wärmewirkung) besitzen. Es sind dies die rothen Strahlen zwischen B und C. Die blauen und violetten Strahlen können, obgleich sie kräftig absorbirt werden, nur eine unbedeutende Wirkung ausüben, weil ihre mechanische Intensität sehr gering ist. Die äußersten rothen Strahlen bringen trotz ihrer sehr großen mechanischen Intensität gar keine Wirkung hervor, weil sie nicht absorbirt werden. Die gelben Strahlen können, trotz ihrer ziemlich großen mechanischen Intensität nur schwach wirken, weil sie nur in geringem Maße absorbirt werden. Dasselbe gilt von den orangefarbenen und grünen Strahlen."

Ueber Staubregen.

Staub- und Blutregen, d. h. Regen- oder auch Schneefälle, bei denen mit den wässrigen Niederschlägen große Massen, oft röthlich gefärbten Staubes herabfallen, welche die Gegenstände mit einer mehr oder minder deutlichen Kruste bedecken, sind schon im Alterthume vielfach beobachtet worden. Damals, wie auch später im Mittelalter war man geneigt, sie als ein Zeichen des Zornes der Gottheit zu betrachten. Auch in der neuern Zeit haben diese Erscheinungen vielfach die Aufmerksamkeit erregt und Anlaß zu verschiedenen Deutungen gegeben.

Einzelne Gelehrte haben diesen Staubmassen einen kosmischen Ursprung zugeschrieben. Zu ihnen gehört Arago, der in seiner Astronomie populaire (T. IV, p. 208) sagt, daß „die aufmerksame Beobachtung der Staubfälle zu der Annahme führt, daß dieselben nicht wesentlich von den Aërolithenfällen verschieden sind; auch der ältere Quetelet spricht sich in seiner im Jahre 1861 erschienenen Physique du globe (p. 322) dahin aus, daß die Staubmassen und färbenden Substanzen, welche man oft im Regen oder Schnee findet, kosmischer Staub seien, welcher, wenn er auf seinem Wege der Erde begegnet, zu derselben herabfällt. „Es ist schwer," fügt er hinzu, „über den wahrscheinlichen Ursprung dieser Massen sich auszusprechen und dabei zu behaupten, daß dieselben unserer Erde angehören". Das Vorkommen von „Meteorstaub" hat auch in Deutschland seiner Zeit der Freiherr v. Reichenbach behauptet. Spuren von Kobalt und Nickel, die er in Erdproben von der Spitze des Labesberges gefunden haben wollte und die

der Masse des Berges — Keuper — nicht angehören konnten, führten ihn zu der Annahme, daß häufig meteorische Staubmassen zur Erde niederfallen.

Andere Beobachter haben namentlich die Farbe des rothen Schnees, der öfters beobachtet wird, organischen Körpern, besonders Kryptogamen, oder auch der Harnsäure in den Excrementen der Vögel zugeschrieben. So Blagden und Thomson.

Vielfach ist auch die Ansicht ausgesprochen worden, daß diese Staubmassen, die namentlich im südlichen Europa, von der Türkei bis Spanien, nicht selten niederfallen, der nordafrikanischen Wüste entstammen, und diese Theorie ist namentlich im vorigen Jahre von einem Franzosen, H. Tarry in ein Paar der Pariser Akademie vorgelegten Abhandlungen näher begründet worden. Er hat sich dabei hauptsächlich auf die Staub- und Blutregenfälle in Italien am 10. und 24. März 1869 und am 14. Febr. 1870 bezogen. Seine Theorie ist im Wesentlichen folgende.

„In gewissen Jahreszeiten, besonders aber im Februar und März, bilden sich im Norden Europas Cyclonen oder atmosphärische Wirbel, welche längs ihres Weges von heftigen Gewittern und im Centrum von einer bedeutenden Erniedrigung des Luftdruckes begleitet sind und sich rasch nach Afrika bewegen, wo sie als heftige Stürme ungeheure Massen Wüstensand bis in die höchsten Theile der Atmosphäre emporreißen. Andrerseits haben die Wirbelstürme, welche in der Nähe des Aequators in Amerika entstehen, in nordwestlicher Richtung nach Europa gelangen und in Zwischenzeiten von mehreren Tagen auf einander folgen, eine deutlich ausgesprochene oscillatorische Bewegung und nachdem sie binnen 5—6 Tagen von Nordeuropa nach Centralafrika gezogen, finden sie dort in der Nähe des Wendekreises ganz andere atmosphärische Bedingungen, sie beginnen dann in übereinstimmender Weise eine rückgängige Bewegung, welche sie in südnördlicher Richtung nach ihrem Ausgangspunkte zurückbringt, durchziehen abermals die Sahara, wo sie aufs Neue Massen von dem beweglichen Sande, der förmliche Berge in der Wüste bildet, aufwirbeln, und führen denselben nach Europa, wo man denselben längs ihrer Bahn sammeln kann. Manchmal ist sogar die Kraft des Wirbels, der seinen Weg zu Wasser

wie zu Lande durch die furchtbarsten Verheerungen bezeichnet, durch diese doppelte Bewegung hin und zurück noch nicht erschöpft, und nachdem er im Norden von Europa angelangt ist, geht er ein zweites Mal nach Afrika herunter, um abermals nach Europa zurückzukehren und auf seiner Streichungslinie durch die Wüste einen neuen Sandvorrath aufzunehmen, der wieder Anlaß giebt zu Staubfällen und Blutregen."

Tarry giebt zu, daß auch unter anderen Verhältnissen Staubregen entstehen können, bemerkt aber, daß beim Eintreten der Bedingungen, welche vorstehend angegeben sind, stets Wüstensand aus der Sahara nach Europa geführt werde. Daß aber diese Bedingungen wirklich vorhanden sind, daß also Wirbelstürme von Nordeuropa nach Afrika hin und wieder zurückgehen, das will er durch aufmerksames Studium des Bulletin international, welches seit 6 Jahren von der Pariser Sternwarte veröffentlicht wird, erkannt haben. Nicht ein einziges Mal sei eine einen Wirbelsturm anzeigende starke barometrische Depression in der Richtung von Afrika nach Europa beobachtet worden, ohne daß einige Tage vorher eine ebensolche Depression in entgegengesetzter Richtung wahrgenommen worden sei, so daß man diese oscillatorische Bewegung als ein unterscheidendes und eigenthümliches Charakteristikum der furchtbaren Stürme betrachten könne, welche zur Zeit des Frühlingsäquinoctiums das Mittelmeer für den Seefahrer so gefährlich machen.

Tarry sucht nun seine Theorie an den erwähnten drei Staubregenfällen näher zu erläutern und zu begründen: „Am 26. Februar 1869 trat plötzlich in Norwegen eine ungewöhnliche Depression des Barometers ein; dasselbe fiel im Laufe von 24 Stunden in Stockholm, Hernösand und Christiansund um 25 Millimeter und stand an letzterem Orte auf 725 Millimeter. An den folgenden Tagen rückte das Depressionscentrum weiter nach dem Süden von Europa. Am 2. März erstreckte sich seine Wirkung schon auf die Küsten der Provence und das Mittelmeer, am 3. März Vormittags 11 Uhr langte der Sturm an der afrikanischen Küste an." Tarry befand sich damals gerade in Philippeville, bereit mit dem Packetboot „Sinai" nach Frankreich zu gehen. Durch mehrere Gewährsmänner war es ihm möglich, den Gang des Orkanes bis zur

Oase Tuggurt zu verfolgen, die er einige Wochen vorher verlassen hatte und „auf die zuverlässigste Weise festzustellen, daß eine ungeheure Masse Sandes vom Orkane aufgewirbelt wurde, so daß man die Luft kaum einathmen konnte. Einige Tage nachher durchlief der Orkan abermals, zurückkehrend, die Sahara und das Mittelmeer. Am 10. März war das Centrum der Depression in Neapel, wo das Barometer auf 737 Millim. sank, und denselben Tag bemerkte man in Neapel, Rom und Subiaco einen förmlichen Niederschlag von röthlichem Sande, der die Luft verdunkelte. Als mittlerweile Regen eintrat, bemerkte man, wie jeder Tropfen an der Stelle seines Niederfallens einen deutlichen Fleck von bräunlicher Farbe hinterließ, ganz gleich den Flecken, welche Wasser gab, in welchem man Sand aus der Sahara aufgelöst hatte. Wenn man dem Regen ein Blatt Papier aussetzte, oder die vom Regen getroffenen Fensterscheiben reinigte, so konnte man diesen Sand sammeln, der offenbar nicht aus Italien oder Sicilien stammen konnte."

„Zehn Tage später, in der Nacht vom 19. zum 20. März stürmte ein heftiges Unwetter, aus England kommend, gegen die Nordküsten Frankreichs. Am 20. befand sich in Boulogne ein sehr deutliches Depressionscentrum (743 Millim.), am 21. war dasselbe schon in Lesina auf dem Adriatischen Meere. Mehrere Tage lang wüthete ein heftiger Nordwest-Sturm in Frankreich und dann in Italien. Am 22. war der Orkan in Afrika, wo er wie ehedem den Sand der Sahara aufwirbelte; dann begann der Rückgang, aufs Neue fiel in Südeuropa das Barometer, nachdem es inzwischen seit dem Vorübergange des Wirbelsturmes wieder gestiegen war. Am 24. sank das Barometer in Palermo auf 740 Millim., in Rom auf 742; der Wind wuchs zu unerhörter Stärke an, Secchi's Meteorograph zeigte eine Geschwindigkeit von 640 Meilen in 24 Stunden an, die größte im Laufe des ganzen Jahres beobachtete. Gleichzeitig, 23. März, sah man in Sicilien die Luft mit dichten Wolken eines gelblichen Staubes erfüllt, der dem Himmel einen ungewohnten Anblick verlieh. Als Regen fiel, hinterließ jeder Tropfen einen gelben Rückstand, den man erst nach zwei- oder dreimaliger Filtration abscheiden konnte. Nach der Analyse des Prof. Sylvestre in Catania befanden sich in einem Liter Regenwasser folgende Bestandtheile:

Wasser	998,872
Thon	0,910
Kalkhaltiger Sand	0,289
Eisenoxydhydrat	0,252
Chlornatrium	0,216
Kiesel	0,121
Stickstoffhaltige organische Substanz .	0,540 *)
	1001,200

„Die gleiche Erscheinung wurde in Subiaco bei Rom beobachtet, wo Alvarez auf den Fensterscheiben den in der Nacht gefallenen Sand sammelte, der ihm in jeder Hinsicht dem schon am 10. desselben Monats gesammelten zu gleichen schien.

„In Lesina in Dalmatien endlich trat die Erscheinung am 24. März ein und in dem Bulletin international des Pariser Observatoriums findet sich bei dieser Station unterm 26. die Bemerkung: „Blutregen."

Wir bemerken hier, den Bericht Tarry's abbrechend, daß der Staubfall von Lesina von G. Bucchich in der Zeitschr. der österreich. Gesellsch. f. Meteorologie näher beschrieben worden ist. Das Datum des Bulletin international beruht auf einem Irrthume, der Staubfall ereignete sich am 24. März. Am Abende des 23. wich der mäßig starke Südost-Wind, der bis dahin geweht, der Bora (Nordwind), doch fiel das Thermometer nur wenig, bis auf 10°,1 R., der Himmel war mit Cirro-Stratus bedeckt, das Barometer sank rasch. Am Morgen des 24., früh 6 Uhr hatte das Barometer das Minimum von 328,24 Par. Linien erreicht, die Heftigkeit der Bora hatte nachgelassen, die Temperatur betrug 11° R., die Luftfeuchtigkeit 48 Proc. Bei einem mit Cirro-Cumulo-Stratus bedeckten Himmel fing es langsam an zu regnen; der Regen, der bis 8 Uhr dauerte, betrug 0,98 Linien. Später bemerkte der Berichterstatter an den nach Norden gelegenen Fenstern dunkelgelbe Spuren der Regentropfen und eine weitere Untersuchung des Laubes der Pflanzen, der Dächer ꝛc. lieferte den Beweis, daß

*) Nach einer Mittheilung der „Allg. Zeitg." aus Neapel enthielt diese Masse der mikroskopischen Untersuchung zufolge Algen und Infusorien des Genus Monas.

in der That mit dem Regen eine staubartige Masse niedergefallen. Es mag bemerkt werden, daß nach Secchi's Angabe auch in Rom der Staub mit Nord- und Ostwind fiel, während der schon erwähnte Ingenieur Alvarez in Subiaco in einem an Secchi gerichteten Schreiben sagt, daß der an letzterem Orte in der Nacht vom 23. zum 24. gefallene Staub nur an den nach Süd und Südost zu gelegenen Fenstern bemerkbar gewesen sei. Uebrigens erklärte auch der Bischof von Subiaco, Monsig. Manetti, welcher in Afrika Reisen gemacht, den am 10. gefallenen Staub für afrikanischen Wüstenstaub.

Derselbe Staubfall, der am 24. früh in Lesina eintrat, zeigte sich etwas später auch in Krain. Custos Deschmann in Laibach berichtet darüber: „In der Umgebung von Weixelstein bei Steinbrück fiel in der Nacht vom 24. auf den 25. März strichweise ein ganz kothiger Regen, der auf den Sträuchern und Kleefeldern, besonders aber auf den Fensterscheiben gedeckter Gartenbeete sehr auffallende Spuren hinterließ. Die Substanz war eine röthliche Staubmasse, in der Färbung dem hiesigen Gebirgsschiefer (Werfener Schiefer) sehr nahe kommend. Da aber schon 14 Tage hindurch fortwährend nasse Witterung herrschte, so ist an eine Staubaufwirbelung und den Niederschlag derselben durch den Regen nicht zu denken."

Auch in Kärnthen wurde in Cilli und Umgegend um dieselbe Zeit Regen mit Staub beobachtet und im Loiblthale war der Schnee stellenweis ganz schmutzig-braun gefärbt.

In ähnlicher Weise wie oben schildert Tarry auch die Staubfälle im Februar 1870. Am 7. Februar starke barometrische Depression in England, die am 9. auf dem Mittelmeere, am 10. in Sicilien anlangt; ein heftiger Sturm weht vom 8. bis 10. in Rom, in der Nacht vom 8. zum 9. schneit es dort, in Italien wie in Frankreich herrscht strenger Frost. Mittlerweile beginnt das Barometer wieder zu steigen (11. und 12. Febr.), das Wetter wird ruhiger, der Sturm ist nun in Afrika. Aber schon am 12. kommt er zurück: am 12. tritt im Süden von Spanien ein barometrisches Minimum von 743 Millim. ein, ein heftiger Südwind weht am 13. und 14. in Spanien und Italien. Am 13., 2 Uhr Nachmittags fiel Regen mit rothem Staub in Rom, Subiaco, Tivoli, Mondragone, in der Nacht vom 13. zum 14. in Genua, und Pater

Denza in Moncalieri sammelte Schnee, der von demselben Staube roth gefärbt war.

Ueber die Menge des Staubes, welche bei diesen Fällen zu Boden gefallen, sind uns in den Berichten keine Schätzungen zu Gesicht gekommen. Dieselbe muß aber eine ganz enorme gewesen sein, wie aus der weiten Verbreitung des Staubregens hervorgeht. Als am 15. Januar 1867 in ganz Graubündten ein röthlichgrauer Schnee fiel, schätzte Killias in Chur die Quantität des gefallenen Staubes auf 300 Centner für jede Quadratmeile.

Der Staubfall vom 22. Januar 1864, über welchen F. Cohn in der schles. Ges. f. vaterländ. Cultur Bericht erstattet hat, erstreckte sich über einen Theil von Schlesien, nördlich bis etwa zu 52°, südlich bis zu dem Theil der Sudeten, der zwischen Iserkamm und Babia Gora liegt, eine Fläche die man auf etwa 400 Quadratmeilen veranschlagen kann. Nach den Beobachtungen fielen um Ratibor 130,000 Ctr., um Groß-Strehlitz 240,000 Ctr. Staub auf die Quadratmeile mit dem Schnee nieder. Rechnet man nur 20,000 Ctr. im Mittel, so giebt dies im Ganzen 8 Millionen Ctr. Staub oder einen Quarzwürfel von 175 Fuß Seitenlänge.

Was nun die Frage nach dem Ursprunge dieser ungeheuern Sandmassen anlangt, so mag allerdings in vielen Fällen ein nicht unbedeutender Theil aus der nächsten Umgegend herstammen. Namentlich in Gebirgsgegenden werden, wie Dr. Junge in Friedeberg a. Q. bei Gelegenheit des erwähnten schlesischen Staubfalles hervorhebt, größere Strecken durch den Sturm vom Schnee entblößt und der Schnee erscheint dann oft auf weite Strecken mit dem dort aufgewirbelten Staube bedeckt. Daß in vielen Fällen dieser Staub auch weiterhin mit fortgeführt werden kann, ist wohl glaublich.

Indessen ist diese Bemerkung im Ganzen doch von nebensächlicher Bedeutung. Vielmehr weist die gleichmäßige Beschaffenheit der bei verschiedenen Gelegenheiten im südlichen Europa und in einzelnen Fällen auch weiter nördlich niedergefallenen Staubmassen auf einen gemeinschaftlichen Ursprung hin. Wie bereits früher erwähnt, sind viele Beobachter, so die italienischen Gelehrten Secchi, Denza u. a. der Ueberzeugung, daß die Sahara die Heimath dieser Staubmassen sei; auch

Killias spricht sich bei Beschreibung des Graubündtener Staubfalles vom Jan. 1867 in demselben Sinne aus. Tarry endlich hat diese Ansicht durch eine besondere Theorie der Luftbewegung noch näher zu begründen versucht.

Dieser Ansicht steht aber eine gewichtige Autorität, die nämlich des Nestors unserer Mikroskopiker, C. G. v. Ehrenberg in Berlin gegenüber. Seit dem Jahre 1803 hat derselbe eine Menge von Staubproben, die an den verschiedensten Orten niedergefallen sind, untersucht und dieselben nicht nur in der Farbe, sondern in allen wesentlichen Einzelheiten der Mischung übereinstimmend gefunden. Die Resultate dieser Untersuchungen finden sich vereinigt in dem im Jahre 1849 veröffentlichten Werke „Passat-, Staub- und Blutregen" (Berlin).

Die Staubfälle haben nach Ehrenberg einen ziemlich bestimmten Verbreitungsbezirk. An der Westküste des tropischen Afrika, namentlich zwischen Cap Bojador und Cap Blanco ist die Luft fast immer von zimmetfarbenem Staube getrübt, daher man recht eigentlich von einem „Atlantischen Dunkelmeer" oder einem „Meer der Finsterniß" spricht. An dieses Gebiet des ununterbrochenen „Passatstaubfalles," wie Ehrenberg die Erscheinung nennt, schließt sich die Region des sporadischen, welche, nordöstlich sich wendend, über Italien in der Richtung des Mittelmeeres nach Armenien hingeht; nur selten erstrecken sich diese Staubfälle über das ganze, auch das nördliche Europa. Asien wird von diesem Gebiet zwischen dem Caspischen und dem Persischen Meerbusen durchzogen, bis nach Turkistan, Beludschistan und vielleicht bis China.

Je nach den atmosphärischen Verhältnissen fällt der Staub für sich allein aus der Luft herab, wie an der afrikanischen Westküste, oder mit Regen oder Schnee.

Ehrenberg hat in demselben nicht weniger als 320 organische Formen, größtentheils Polygastern, Phytolitherien, Polythalamien und Pflanzentheile beobachtet. Nur wenige von diesen Formen gehören dem Meere, die meisten dem Festlande und Süßwasser an. Bekannte afrikanische Charakterformen befinden sich darunter nicht; der zimmetfarbene Passatstaub und der graue Wüstenstaub sind überhaupt einander nicht ähnlich. Die große

Mehrzahl der organischen Formen findet sich in verschiedenen Welttheilen, auch in Afrika und Europa.

Diese Ansicht hat Ehrenberg auch noch in der letzten Zeit festgehalten. So äußerte er sich u. a. in Bezug auf die Staubfälle vom März 1869, daß die von ihm untersuchten Staubproben aus Lesina und Krain völlig übereinstimmen mit den zu derselben Zeit von den Dardanellen erhaltenen. „Denkt man sich die Oberfläche eines Areales, das von den Dardanellen über Griechenland und das Adriatische Meer bis Krain reicht, auch nur von einer dünnen Lage des Staubes überzogen, so tritt auch diesmal ein Massenverhältniß des rothen Staubes hervor, welches leicht wie das jenes Falles bei Lyon 1846 tausende von Centnern einer und derselben Substanz und desselben Ursprunges erkennen lassen mag." Rücksichtlich des Ursprunges der Staubmassen bemerkt er, daß der Staub, welcher im März 1869 niederfiel, seiner Vorstellung nach „nur aus dem Dunkelmeer des Atlantischen Oceans bei den Capverden bis Sicilien und Italien geführt worden sei, nimmermehr aber aus Afrika kommen" könne, „dessen heiße Winde weit häufiger als Scirocco ohne rothen Sand dort erscheinen."

Bei dieser Gelegenheit macht Ehrenberg noch darauf aufmerksam, wie wichtig es sei, die gesammelten Staubproben einer mikroskopischen Untersuchung zu unterwerfen, nicht aber zur chemischen Analyse zu verbrauchen, da letztere für den vorliegenden Zweck keine entscheidenden Resultate zu geben vermöge.

Theorie des Hagels.

In seinem im Jahre 1870 erschienenen Werke Introduction à l'étude météorologique et climatérique de l'Alsace hat der durch seine Arbeiten über die mechanische Theorie der Wärme bekannte Physiker G. Adolph Hirn in Colmar die Thermodynamik mehrfach auf meteorologische Probleme, namentlich auf die Meteorologie der Gebirge angewandt. Zu den interessantesten Erörterungen gehört auch das, was er über die Entstehung des Hagels sagt.

Zunächst bespricht Hirn die bekannte Hypothese von Volta, nach welcher die Wassertropfen und Hagelkörner, ehe sie niederfallen, ähnlich den Körperchen beim elektrischen Puppentanze, zwischen zwei über einander gelagerten elektrischen Wolken auf

und ab gehen und dabei so weit anwachsen, daß sie endlich durch ihr Gewicht der elektrischen Anziehung entzogen werden und zur Erde niederfallen. Er findet dabei namentlich die Erklärung des Erstarrens und Zusammenfrierens der Tropfen, welche Volta giebt, nicht stichhaltig. Dasselbe soll nämlich eine Folge der Kälte sein, welche durch die Verdunstung der oberen Wolkenschichten unter dem Einflusse der Besonnung hervorgebracht wird. Allein wenn diese Verdunstung in Folge der Besonnung stattfindet, so erfolgt sie auch auf Kosten der Sonnenwärme und für die Wolke ergiebt sich dann keine Abkühlung.

Eine verwandte Ansicht ist die, welche Peltier in seinen Observations et recherches expérimentales sur la cause des trombes im Jahre 1841 ausgesprochen hat. Derselbe nimmt ebenfalls zwei über einander gelagerte, mit entgegengesetzten Elektricitäten geladene Wolkenschichten an, zwischen denen durch die feuchte Luft hindurch ein elektrischer Strom stattfinden soll, welcher Verdunstung und dadurch Erkaltung bis zum Gefrieren der Wassertropfen erzeugen soll. Allein auch hierbei erscheint es nicht recht einleuchtend, warum Abkühlung eintreten soll, wenn es der elektrische Strom ist, welcher die Wärme zur Verdunstung liefert.

Zu seiner eigenen Theorie des Hagels übergehend, bemerkt nun Hirn zunächst, daß die Häufigkeit des Hagels von der Jahreszeit und von der Lage des Ortes abhängt. Im Frühjahre hagle es viel öfter als im Sommer; in den tropischen Tiefebenen sei der Hagel beinahe unbekannt, aber man brauche nur 6—800 Meter hoch im Gebirge aufzusteigen, um Gewitterstürmen mit Hagel zu begegnen. In den Alpenregionen gehe kein Gewittersturm ohne Hagel vorüber. Hirn erzählt, wie er bei seinem ersten Aufenthalte in der Schweiz Zeuge einer eigenthümlichen Naturerscheinung war. „Wir verließen früh morgens Interlaken, um das Dampfschiff auf dem Thunersee zu besteigen. Eine große düstere Gewitterwolke verfinsterte alsbald den Himmel. Der Capitän, sonst prahlerisch wie alle Süßwasserhelden, ging auf meinen Rath vor Anker, und wir konnten das großartige Naturschauspiel aufs Schönste beobachten. Nach 20 Minuten erheiterte sich mit einem Schlage der Himmel, und ein durch seine Contraste wunderbarer Anblick bot sich uns

dar. Alle Berge waren bis zur Hälfte vom Gipfel herab mit einer blendenden Schneematte bedeckt, während ihr Fuß im grünen Kleide des Frühlings prangte. Wieder 20 Minuten und die Sonne hatte dem winterlichen Einbruche ins Frühlingsleben sein Loos bereitet. Auf dem Thunersee war nicht Ein Eiskorn gefallen." Hirn schließt aus dieser und aus ähnlichen Erfahrungen, daß unter jedem Himmelsstriche Eis fällt aus einer genügend hohen Wolke, ohne daß es jedesmal als solches zur Erde gelangt. Als Ursachen dieser Erscheinung führt er folgende an:

1. Ein Wassertropfen, der im leeren Raume, z. B. 4250 Meter hoch fällt, erwärmt sich durch das Auffallen um 10°, von einem Hagelkorn schmelzen 0,13 seiner Wärme; beim Fall durch die Luft entwickelt sich die Wärme schon vor dem Auffallen.

2. Das Hagelkorn nimmt während seines Falles durch die Luft, besonders in Tropengegenden und im Sommer, Wärme aus der umgebenden Luft auf und schmilzt ganz oder zum Theil.

3. Die Hauptursache der Entstehung des Eises in den höhern Regionen ist die Abkühlung einer aufsteigenden Luftmasse. Indem diese Luftmasse beim Aufsteigen einem immer geringeren Drucke ausgesetzt wird, vermehrt sich ihr Volumen, und zwar auf Kosten ihrer Wärme, sie erkaltet mehr und mehr. Daher kommt es, daß die Luftmassen, die am Gehänge eines Gebirges emporzusteigen genöthigt sind, immer mehr erkalten und den Höhen der Berge Kälte zuführen. „Demzufolge also sind es nicht die Gebirge, welche die Luft erkalten machen, wie man so oft sagen hört, sondern im Gegentheil, es ist die Luft, welche die Gebirgshöhen erkältet und ihnen Wärme entzieht, indem sie deren Seiten entlang aufwärts klimmt." Wir wollen hier einschalten, daß Hirn in sehr lichtvoller Weise den Einfluß der Gebirge auf die meteorologischen Verhältnisse auseinandersetzt und mittels der mechanischen Wärmelehre erklärt; doch können wir jetzt nicht näher darauf eingehen. Die erwähnte Abkühlung hängt natürlich ab von der Größe der Druckveränderung und von der Anfangstemperatur. Wenn der Druck ursprünglich 76 Centimeter und die Temperatur 15° C. ist, so wird unter 38 Centimeter Druck eine Abkühlung bis zu —38° C. stattfinden; war der anfängliche Druck 76 Centimeter und die Temperatur 30° C., so wird bei 38 Centimeter Druck

eine Temperatur von —26° und bei 319 Millim. Druck eine Temperatur von —38° eintreten. Weht nun ein aufsteigender Luftstrom gegen eine Wolke, so erzeugt er nothwendig dort eine beträchtliche Abkühlung, so daß Eis aus der Wolke fällt, sofern die Druckveränderung hinlänglich groß und die Anfangstemperatur der Luftmasse nicht zu hoch war. Indessen fällt das Eis, welches sich nun bildet, nicht continuirlich, sondern ruck- und stoßweise, indem es nach und nach anwachsend zu einzelnen Körnern, durch sein Gewicht dann dem aufsteigenden Luftstrome entgegenstürzend, ihn durchfällt. Durch Rotation werden diese Körner ellipsoidisch. Ihr Inneres ist trübe, die äußere Hülle klar und durchsichtig. Der Kern besteht nur aus Schnee, welcher Sommer und Winter aus jeder Wolke in einer Höhe von 5—6000 Meter fällt; aber diese kleinen, durch einander geworfenen Massen, gehalten durch den vertikal aufsteigenden eisigen Wind, nehmen eine rotirende Bewegung an und wachsen dann, je nach Umständen mehr oder minder regelmäßig, auf Kosten des Wassers und Wasserdunstes der Luft.

Ein vertikal aufsteigender Luftstrom, der sich in einer mäßigwarmen Atmosphäre erzeugt und die Luft der untern Regionen bis in eine Höhe von 3—5000 Meter empor führt, erscheint sonach als die wirkliche und genügende Ursache des Hagelfalles.

Wenn es in Ebenen, in weiter Entfernung vom Gebirge hagelt, so ist nach Hirn's Ansicht die Elektricität, direct oder indirect, die eigentliche Ursache.

Alle Theile einer Wasserwolke, alle Schichten der Luft zwischen Wolke und Boden sind aufgeregt durch die verschiedenartigsten und kräftigsten elektrischen Anziehungen und Abstoßungen und sie bewegen sich in Folge dessen nach den verschiedensten Richtungen. Als Belege für diese innere Bewegung dienen die weißen, flockigen, losgerissenen Wolken. Die Windstöße sind, wie die inneren Bewegungen in der Wolke, wie die Staubsäulen vor dem Gewitter, wie die Tromben, das Resultat von Anziehungen und Abstoßungen, welche die elektrischen Wolkentheile, Luft und Erde auf einander ausüben. Die Richtung ist für uns auf der Erdoberfläche immer horizontal, in gewissen Höhen ist sie nothwendig vertikal, aber eine allgemeine Thatsache ist es, daß der Wind vom Centrum gegen die Peripherie weht und umgekehrt.

Der Stoß des aufsteigenden Stromes ist es, welcher die Condensation und Erstarrung neuer Dampf- und Wassermassen bewirkt und diese Condensation führt wieder ihrerseits die elektrische Entladung herbei.

Eine der Hauptbedingungen großer Hagelfälle erblickt Hirn in der Uebereinanderlagerung zweier einzelner, mit entgegengesetzten Elektricitäten geladener Wolken; wenn zwei solche Wolken 1000—1500 Meter von einander entfernt sind, so ist die Abkühlung, welche durch die Verdünnung der von einer Wolke zur andern aufsteigenden Luftsäule bewirkt wird, hinreichend, um ein rasches Gefrieren des Wassers in der obern Wolke herbeizuführen.

Selbstverständlich können die Wirkungen der elektrischen Anziehungen von einem Orte zum andern variiren, und je nach der Beschaffenheit des Terrains und der ganzen Oertlichkeit werden mehr oder weniger lebhafte Bewegungen der ganzen Luftmasse erzeugt.

Hagel und Schnee erkälten die unteren Gegenden, die sie durchfallen, und die Strahlung erkältet in den höhern Regionen die Luft, obwohl sie bei der Condensation und dem Erstarren des Wassers sich erwärmt hat; und zwar um so mehr, je höher die Temperatur vor der Ausstrahlung in den Weltraum war. Die Temperatur der ganzen Luftmasse sinkt also, daher die Abkühlung nach dem Gewitter. So erklärt der aufsteigende Luftstrom die Ursache des Hagels und des Gewitterregens bis in die kleinsten Umstände.

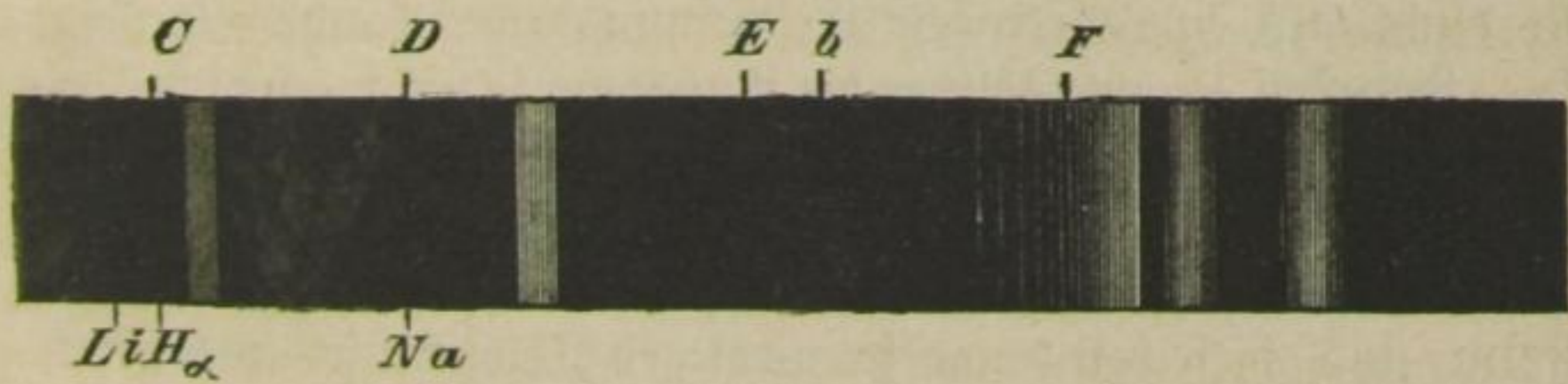
Nord- und Südlichter.

Seit langer Zeit ist kein Jahr durch eine solche Entwickelung der Polarlichter, sowohl hinsichtlich ihrer Anzahl als auch rücksichtlich der Pracht der einzelnen Erscheinungen ausgezeichnet gewesen, als das vergangene. Wiederholt ist dabei das Zusammentreffen von Nord- und Südlichtern zu constatiren gewesen. So bei den glänzenden, in ganz Europa sichtbaren Nordlichterscheinungen am 24. und 25. October, wo auch in Australien die Nächte durch prächtige Südlichter erleuchtet wurden.

Von besonderem Interesse sind die Beobachtungen über das Spektrum des Nordlichtes, welche Zöllner angestellt hat. Die erste spektroskopische Untersuchung dieses Phänomens

rührt von A. J. Angström in Upsala her. „Im Winter 1867 zu 1868", schreibt derselbe, „hatte ich mehrere Mal Gelegenheit, das Spektrum des Lichtbogens zu beobachten, der bei schwachen Nordlichtern fast stets sich zeigt und das dunkle Segment umsäumt. Sein Licht ist beinahe monochromatisch; das Spektrum besteht aus einer einzigen hellen Linie, welche links von der bekannten Liniengruppe des Calciums liegt. Durch die Messung ihrer Entfernung von dieser Gruppe ermittelte ich die Wellenlänge und fand dieselbe = 5567 (d. h. 0,0005507 Millim.). Außer dieser Linie, deren Glanz verhältnißmäßig sehr groß ist, beobachtete ich, wenn ich den Spalt erweiterte, noch Andeutungen von drei sehr schwachen Streifen, die sich beinahe bis F erstreckten. Einmal, als der Lichtbogen sehr bewegt war und seine Gestalt fortwährend wechselte, sah ich an den angegebenen Stellen momentan einige schwache Linien aufblitzen, aber ihre Intensität war so gering, daß man wohl behaupten kann, daß der Lichtbogen beinahe monochromatisches Licht sei." Die hier erwähnte Hauptlinie liegt im Grün an der Grenze des Gelb, zwischen der Natriumlinie D und der Linie b, ungefähr um ein Drittel des Abstandes beider von der ersteren entfernt. Dieselbe Linie ist auch von andern Beobachtern, z. B. von Struve, von den Astronomen der deutschen Nordpolexpedition u. a. beobachtet worden. Bei dem prächtigen Nordlichte am Abende des 25. Octobers vor. Jahres gelang es nun F. Zöllner in Leipzig mittels eines Browning'schen Miniaturspektroskopes ein Spektrum von der in Fig. 37 dargestellten Form zu erhalten.

Fig. 37.



Mit Hilfe einer Alkoholflamme, deren Docht mit Natrium- und Lithiumsalzen imprägnirt war, wurde gleichzeitig die Natriumlinie D und die rothe Lithiumlinie (Li in der Fig.) er-

zeugt und dadurch annähernd die Lage der einzelnen Linien des Spektrums bestimmt. Unsere Figur läßt zunächst die grüne Linie zwischen D und b erkennen; sodann eine rothe Linie in der Nähe der Wasserstofflinie Hα oder C, die, wie es scheint, früher nicht wahrgenommen worden ist, übrigens auch nur an solchen Stellen sichtbar war, wo der Himmel dem bloßen Auge stark geröthet erschien und selten dieselbe Lichtstärke, wie die grüne Linie erreichte. Im blauen Theile des Spektrums traten nur zuweilen schwache, bandartige Streifen auf, unter denen ein breites, dunkles Band auf hellerem Grunde am auffallendsten war.

Nach dem Verschwinden des Nordlichtes wurden auch die Spektra von Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure in Geißler'schen Röhren beobachtet. Mit Hilfe der Beobachtungen der Natrium- und Lithiumlinien glaubt indessen Zöllner constatirt zu haben, „daß die rothe Nordlichtlinie mit keinem Helligkeitsmaximum in den Spektren der untersuchten vier Gase übereinstimmt. Sie ist stärker brechbar als die rothe Wasserstofflinie C und dürfte am nächsten an derjenigen Stelle liegen, wo im Sonnenspektrum zwischen C und D die dunkle atmosphärische Liniengruppe α vorhanden ist, welcher eine mittlere Wellenlänge von 0,0006279 Millimeter entspricht."

Daß die im Grün gelegene helle Linie des Nordlichtspektrums mit keiner der bisher bekannten Spektrallinien eines einfachen oder zusammengesetzten Gases zusammenfällt, hat schon Angström bemerkt, namentlich hat derselbe hervorgehoben, daß diese Linie sich nicht im Spektrum des elektrischen Eies zeigt, wie man vielleicht vermuthen könnte, wenn man das Nordlicht als eine elektrische Erscheinung zu betrachten geneigt ist. Indessen glaubt Zöllner die Annahme sehr wahrscheinlich machen zu können, „daß, wenn die Lichtentwickelungen beim Nordlicht, nach Analogie der in luftverdünnten Räumen zum Glühen gebrachten Gase, in der That elektrischer Natur sind, dieselben einer so niedrigen Temperatur angehören müssen, daß es unmöglich ist, bei gleicher Temperatur die Spektra glühender Gase in Geißler'schen Röhren zu beobachten. Hierdurch würde dann die Erklärung möglich, und als eine sehr einfache auch wahrscheinlich sein, daß das Spektrum

des Nordlichtes nur deshalb nicht mit einem uns bekannten Spektrum der atmosphärischen Gase übereinstimmt, weil es ein Spektrum anderer, aber künstlich bis jetzt noch nicht darstellbarer Ordnung unserer Atmosphäre ist."

Die Betrachtungen, welche Zöllner zur Begründung dieser Annahme vorführt, ergeben sich aus dem Satze von der Aequivalenz der Dicke und Dichte der strahlenden Schichten (s. S. 120) mit Berücksichtigung der in den höhern Schichten der atmosphärischen Luft herrschenden Dichtigkeitsverhältnisse.

Wüllner fand bei seinen Untersuchungen „über die Spektra einiger Gase in Geißler'schen Röhren," daß der Strom eines kleineren Rühmkorff'schen Apparates beim Stickstoff und Sauerstoff erst dann den Widerstand zu überwinden im Stande war, wenn der Druck in den Röhren auf 94 und beziehentlich 64 Millimeter reducirt war. Allein wenn auch das Gas bei diesem Drucke leuchtend wurde, so war die Intensität des Lichtes beim Stickstoff doch erst bei 46 Millim. und beim Sauerstoff gar erst bei 28—30 Millim. Druck hinlänglich groß, um ein Spektrum zu geben. Zöllner nimmt nun an, daß bei Füllung der Wüllner'schen Röhre mit atmosphärischer Luft und unter Anwendung der übrigen von diesem Physiker angewandten Apparate bei einem Drucke von etwa 50 Millim. und bei einer Dicke der strahlenden Schicht von einem Millim. ein atmosphärisches Spektrum zu beobachten sein würde. Offenbar sind aber die beim Nordlicht vorkommenden Dicken der strahlenden Schichten ungleich größer und müssen namentlich in den weit vom Zenith entfernten Stellen nach Meilen geschätzt werden. Beiläufig bemerkt Zöllner, daß sich hieraus sehr einfach die mit zunehmendem Abstande vom Zenith bis an die Grenze des dunkeln Segmentes im Allgemeinen beobachtete Zunahme der Helligkeit des Nordlichtes erklärt. „Nimmt man aber auch die Dicke einer solchen Schicht nur zu 1 Kilometer an, so würde diese bei derselben Temperatur, wie die im vorliegenden Beispiele in der Geißler'schen Röhre stattfindende, nur den millionsten Theil der Dichtigkeit der in dieser eingeschlossenen Luft, also nur 0,00005 Millimeter Druck bei 0° besitzen dürfen, wenn das Spektrum des in der

Röhre glühenden Gases vollkommen mit dem des Nordlichtes übereinstimmen soll."

Um nun entscheiden zu können, ob die Druckverhältnisse in der Nordlichtregion unserer Erde wirklich solche sind, wie hiernach nöthig erscheint, muß man etwas Näheres über die Höhe der Nordlichter wissen. Früher nahm man diese Höhe als sehr bedeutend an, Mairan z. B. giebt dieselbe zu mehr als 100 geogr. Meilen an; auch in neuerer Zeit hat z. B. Heis für ein am 9. April 1868 beobachtetes Nordlichtgewölk eine Höhe von 110 Meilen ermittelt. Hansteen fand für das Nordlicht vom 7. Januar 1831 durch Combination der Messungen der scheinbaren Höhe des dunkeln Segmentes in Christiansand in Norwegen und in Berlin eine Höhe von 26 geogr. Meilen und Neumayer giebt für das am Abende des 24. Sept. 1870 in Australien beobachtete Südlicht eine Höhe von 170 Meilen (engl.) an. Indessen sind in neuerer Zeit viele Beobachter der Ansicht, daß das Polarlicht in geringerer Höhe gebildet wird. Schon Franklin will am Bärensee ein hell strahlendes Nordlicht gesehen haben, welches die untere Seite einer Wolkenschicht beleuchtete und die Beobachter auf der schwedischen Expedition nach Spitzbergen geben an, daß sie im Herbste 1868 oftmals das Nordlicht zwischen ihrem Dampfer und den Bergen der Küste gesehen haben. Mit Rücksicht auf derartige Angaben und namentlich gestützt auf die Beobachtungen von Farquharson findet es Zöllner wahrscheinlich, daß die Nordlichter im Allgemeinen eine weit geringere Höhe besitzen, als man früher annahm und daß sie zuweilen bis in die Region der Wolken herabreichen. Nun ergiebt sich unter Annahme einer überall gleichen Temperatur von 0^0 und des normalen Barometerstandes an der Erdoberfläche für den Druck der Atmosphäre in 10 geogr. Meilen Höhe der Werth von 0,078 Millimeter und in 20 Meilen Höhe 0,00001 Millimeter. „Einer Schicht von 1 Meter Dicke der beim Nordlicht glühenden Luftmasse würde demgemäß in der Höhe von 10 Meilen ein Druck von 78 Millimetern, und in der Höhe von 20 Meilen ein Druck von 0,01 Millim. in der Geißler'schen Röhre äquivalent sein, um bei gleicher Temperatur ein ebenso helles Spektrum wie das des Nordlichtes zu erzeugen. Da nun aber die Dicke der beim Nordlicht

strahlenden Schichten mit größter Wahrscheinlichkeit nicht nach Metern sondern nach Kilometern geschätzt werden muß, so würde man selbst noch in einer Höhe von 10 Meilen einen so hohen Werth für den der Dicke äquivalenten Druck in der Geißler'schen Röhre erhalten, — nämlich schon 78 Meter Quecksilber für eine Schicht von 1 Kilometer Dicke — daß die Elektricitätsmengen selbst der größten Inductionsapparate nicht die genügende Spannung besäßen, um den Widerstand der bis zu diesem Grade comprimirten Luft zu überwinden. Aber auch wenn dies der Fall wäre, würde die Temperatur der Entladung eine so hohe sein, daß das Spektrum nur ein glänzendes, continuirliches und daher mit den Spektrum des Nordlichtes nicht weiter vergleichbares sein könnte."

Es ergiebt sich hieraus, daß die Menge der in einer Geißler'schen Röhre glühenden Gastheilchen im Vergleich zu der beim Nordlicht wirksamen Menge eine außerordentlich geringe ist. Da nun aber das Spektrum eines in einer Geißler'schen Röhre befindlichen und durch Elektricität glühend gemachten Gases doch mindestens die Helligkeit des Nordlichtspektrums besitzen muß, um deutlich erkennbar zu sein, so muß das Emissionsvermögen des Gases in der Röhre viel größer sein als dasjenige der beim Nordlicht glühenden Gastheilchen. Ein solcher Unterschied des Emissionsvermögens bei demselben Körper kann aber nur durch Temperaturunterschiede bewirkt werden. „Wenn daher die Lichtentwickelung des Nordlichtes von glühenden Gastheilchen unserer Atmosphäre herrührt, so muß die Temperatur, bei welcher dieses Glühen stattfindet, eine sehr viel niedrigere als diejenige sein, bei welcher dieselben Gase in Geißler'schen Röhren durch Elektricität ins Glühen versetzt werden können." Indessen erinnert Zöllner daran, daß diese Temperatur nicht niedriger sein kann, als diejenige eines vollkommen schwarzen glühenden Körpers, dessen continuirliches Spektrum an den dem Nordlichtspektrum entsprechenden Stellen ebenso hell wie dieses ist (vergl. S. 121).

Alle künstlich zu erzeugenden Gasspektra verschiedener Ordnungen gehören sonach im Allgemeinen nur hohen Temperaturen an. Wenn wir aber andererseits sehr einfache und

lichtschwache Spektra beobachten in Fällen, „wo trotz der außerordentlich feinen Vertheilung der Materie, — wie beim Nordlicht, bei der Corona, dem Zodiacallicht und den Nebeln, — mit Rücksicht auf die ungeheure Dicke der strahlenden Schichten, eine große Anzahl leuchtender Theilchen als wirksam angenommen werden muß, so kann die Temperatur der hierbei glühenden Gase im Allgemeinen nur eine relativ geringe sein. Erst durch diese Betrachtungen erhält die von Lockyer ausgesprochene Vermuthung, daß die einfachen Spektra der Nebel nicht hohen, sondern relativ niedrigen Temperaturen angehören, eine genügende Stütze."

Zöllner hält außerdem noch dafür, daß wenigstens ein Theil der merkwürdigen Bewegungsphänomene des Nordlichts auf die durch so bedeutende Temperaturdifferenzen entstehenden Gleichgewichtsstörungen in den äußerst verdünnten Luftschichten unserer Atmosphäre zurückzuführen sei.

III.

Mechanik und mechanische Technologie.

Der Mont-Cenis-Tunnel.

Den beiden großartigen Unternehmungen, die wir im vorigen Jahrgange dieses Werkes geschildert haben, dem Suezkanale und der Pacificbahn, stellt sich an Kühnheit der Idee und Schwierigkeit der Ausführung würdig zur Seite ein Werk, das nach langjähriger Arbeit in den letzten Tagen des vorigen Jahres, mitten im Kriegslärm eines gewaltigen Völkerkampfes, vollendet worden ist, die Durchbohrung der westlichen Alpenkette, welche das Flußgebiet des Po von dem des Rhone trennt.

Der Gedanke einer Verbindung der Lombardischen Ebene mit den westwärts liegenden französischen Gebieten mittels einer durch die Alpen hindurch zu legenden Eisenbahn hatte zwar die Bewohner Piemonts schon längere Zeit beschäftigt, ernstlicher aber dachte man an die Verwirklichung desselben erst nach Vollendung der Eisenbahn von Turin nach Genua durch den Ligurischen Appenin hindurch. Die Schwierigkeiten, welche sich dem Unternehmen entgegenstellten, mußten damals noch weit bedeutender erscheinen, als heutzutage. An eine Ueberschreitung mit der Locomotive dachte man kaum; erreichte doch die erste Alpenbahn, die im Jahre 1854 eröffnete Bahn über den Sömmering, keine größere Höhe als 906 Meter überm Meeresspiegel, während es sich in den westlichen Alpen um

Höhen von 2000 Meter und darüber handelte. Man mußte daher darauf bedacht sein, die Bahn von der italienischen wie von der französischen Seite möglichst weit in den Thälern der Grajischen Alpen aufwärts zu führen, bis die beiden in ungefähr gleicher Höhe liegenden Endpunkte einander so nahe kämen, daß man es unternehmen könnte, dieselben mittels eines durch das Gebirg zu bohrenden Tunnels mit einander zu verbinden.

Ein italienischer Ingenieur, Giuseppe Médail, in dem piemontesischen Flecken Bardonnêche, hat zuerst diejenige Stelle der Alpenkette ausfindig gemacht, die, wie spätere Untersuchungen bestätigt haben, am passendsten zur Anlage eines solchen Tunnels ist. Schon im Anfange der dreißiger Jahre (1832) hat derselbe in einer Eingabe an die Handelskammer von Chambéry auf die Gebirgswand des Col de Fréjus zwischen den Orten Bardonnêche im Thale der Rochemolle und Modane im Thale der Arc, eines Zuflusses der Isère aufmerksam gemacht, wo man mittels eines ungefähr 12,000 Meter langen Tunnels die Verbindung zwischen den Orten Bardonnêche und Modane herstellen könne. Die Durchbrechung des Gebirges hat auch wirklich ganz nahe an der von Médail angegebenen Stelle stattgefunden.

Es ist diese Stelle ungefähr 24 Kilometer in südwestlicher Richtung von dem Passe des Mont-Cenis entfernt, über welchen eine belebte Poststraße und seit dem Sommer 1867 auch die in diesem Jahrbuche bereits früher erwähnte Eisenbahn nach Fell'schem Systeme führt, welche letztere ihre Thätigkeit nach Vollendung der Bahn durch den Tunnel einzustellen hat. Von Susa aus im Thale der Dora Riparia aufwärts gehend gelangt man zu der 7½ geogr. Meilen von Turin entlegenen Stadt Susa, hinter welchem Orte die in den Jahren 1802—5 von Fabroni auf Napoleons Befehl erbaute Straße in vielfachen Windungen bis zu der zwischen dem großen und kleinen Mont-Cenis gelegenen Paßhöhe, 1816 Meter überm Meeresspiegel, emporsteigt. Oben führt die Straße über die 1½ Stunde lange Ebene Madeline, auf welcher auch das bekannte Bernhardiner-Hospiz liegt, und senkt sich dann hinab nach dem engen und rauhen Thale der Arc, das sie bei Lans-le-Bourg, 4½ geogr. Meilen von Susa entfernt, betritt.

Von hier aus geht sie an der Arc abwärts über Modane, St. Michel und St. Jean de Maurienne (7 1/2 Meilen unterhalb Lans-le-Bourg), tritt dann ins Thal der Isère und geht von da weiter nach Grenoble. Bisher bildete diese Straße den einzigen Weg zwischen Turin und Grenoble, der, einige Unterbrechungen durch starken Schneefall abgerechnet, das ganze Jahr hindurch gangbar blieb, und es wird angegeben, daß jährlich mehr als 20,000 Wagen und gegen 3000 Saumthiere den Paß überschritten haben. Zur Zurücklegung des ganzen Weges von Susa bis St. Jean brauchte der Postwagen unter günstigen Umständen zehn Stunden Zeit; bei hohem Schneefall dauerte die Fahrt natürlich noch länger, wenn sie überhaupt möglich war. Die Eisenbahn, welche auf dieser Straße im Betrieb ist und deren Einrichtung schon im 2. Jahrgange dieses Jahrbuches, S. 174 u. f. beschrieben worden ist, kürzt die Fahrzeit um 5 1/2 Stunden ab. Endpunkte dieser Bahn sind Susa, das schon seit längerer Zeit durch eine Eisenbahn mit Turin verbunden ist, und St. Michel im Arcthale, von wo aus die Victor-Emanuels-Bahn weiter thalabwärts führt, bis sie das Thal der Isère erreicht, das sie bei Montmelian wieder verläßt, um nach Chambéry und von da weiter nach Culoz am Rhone zuführen. Seit der definitiven Eröffnung am 15. Juni 1868 ist die Fell'sche Bahn ziemlich regelmäßig im Betriebe gewesen, und obwohl eine Locomotive nur 60 bis 70 Personen oder 20 Tons Waaren mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 15 Kilometer in der Stunde zu befördern vermag, so betrug doch die Zahl der vom 1. November 1869 bis 20. Mai 1870 beförderten Fahrgäste 18,896. Im Sommer 1870 waren 18 Locomotiven auf dieser Bahn in Thätigkeit.

Während die Straße und die Fell'sche Eisenbahn bei Susa das Thal der Dora Riparia verläßt, geht die nun vollendete definitive Bahn noch ein Stück weiter aufwärts in diesem Thale, bis zu dem Städtchen Oulx, von dort wendet sie sich nach rechts und steigt im Thale der Tabor-Dora aufwärts und geht dann weiter in dem der Rochemolle, bis sich dieses zu einzelnen engen Schluchten und Klüften verengt. Hier liegt der Flecken Bardonnêche, bei welchem der Tunnel beginnt. Derselbe durchsetzt nicht den Mont Cenis selbst,

sondern den Col de Fréjus, und man sollte daher eigentlich nicht von einem „Mont-Cenis-Tunnel" sprechen.

Genauere Studien über die von Médail vorgeschlagene Stelle, sowie über die ganze Eisenbahnlinie von Susa nach Chambéry stellte in den Jahren 1845 bis 48 der belgische Ingenieur Mauß an. Im Februar 1849 hatte derselbe ein vollständiges Bauproject fertig.

Gleich von vorn herein war es klar, daß die Herstellung des gegen 12,000 Meter langen Tunnels mit außergewöhnlichen Schwierigkeiten verknüpft sein würde. Gewöhnlich teuft man bei längeren Tunnelanlagen eine Anzahl von Tages- oder Förderschächten ab, die von der Erdoberfläche senkrecht hinab zur Tunnelsohle gehen und treibt dann in horizontaler Richtung von einem Schachte zum nächsten einen Stollen. Die Schächte dienen theils zur Förderung des losgebrochenen Materiales, theils zur bequemen Ventilation und außerdem gestatten sie auch die Arbeit zu gleicher Zeit an mehreren Stellen in Angriff zu nehmen. An die Anlegung solcher Schächte konnte man aber hier, wo sich an einzelnen Stellen über 1200 Meter Gesteinshöhe über der Sohle des Tunnels befand, nicht gedacht werden. Man mußte sich daher darauf beschränken, den Tunnel von seinen beiden Endpunkten aus in Angriff zu nehmen.

Mauß hatte zur Herstellung des Tunnels eine eigne Bohrmaschine ersonnen. Durch Bohrer, welche durch Maschinenkraft in Bewegung zu setzen waren, sollte das Gestein in einzelne horizontale Schichten getheilt werden, die man dann durch eingesetzte Keile losbrechen könnte. Das Gestein, aus welchem die Gebirgsmasse des Col de Fréjus besteht, bot keine Schwierigkeiten dar, denn wie gleich Anfangs Elie de Beaumont und Angelo Sismonda auf Grund ihrer Untersuchungen angaben, und wie sich später beim Bau des Tunnels bestätigt hat, giebt es dort keine Eruptivgesteine, sondern nur sedimentäre, meist metamorphosirte Schichten, sämmtlich der Juragruppe angehörig, darunter auch die charakteristischen anthracitführenden Schichten, die man mehrfach in den französischen Alpen antrifft.

Als bewegende Kraft wollte Mauß die im Gebirge reichlich vorhandene Wasserkraft benutzen. Das Wasser sollte auf

Räder wirken und die Bewegung durch Drahtseile weiter fortgepflanzt werden, ein Uebertragungssystem, welches Mauß schon auf der schiefen Ebene bei Lüttich erprobt hatte. Freilich war es fraglich, ob sich diese Transmission ohne zu fühlbare Kraftverluste auf Entfernungen von fast einer geographischen Meile würde anwenden lassen, wie es hier nothwendig war. Die gewichtigsten Bedenken erregte aber die Ventilation des Tunnels. Zwar schlug Mauß zu diesem Zwecke eine Anzahl Flügelradgebläse gewöhnlicher Construction vor, die von den Leitrollen der Drahtseile in Bewegung gesetzt werden sollten, allein es fehlte an allen zuverlässigen Angaben über die Leistungsfähigkeit dieser Ventilatoren.

Das Project von Mauß wurde seiner Zeit einer technischen Commission zur Prüfung übergeben, ein Modell der Bohrvorrichtung von Thémar angefertigt und verschiedene Versuche angestellt. Indessen der Mangel einer genügenden Luftzuführung und Ventilation stellte sich immer wieder der Ausführung im Großen hindernd entgegen.

Gerade dieser Uebelstand aber wurde beseitigt durch ein von dem Genfer Physiker Daniel Colladon in Vorschlag gebrachtes Verfahren. Derselbe gedachte nämlich Luft zu comprimiren, dieselbe in den Tunnel bis an die Arbeitsstelle zu leiten und dort sowohl zum Betriebe der Bohrmaschinen, als auch zur Ventilation zu benutzen. Die Idee Colladons war eigentlich das Gegenstück derjenigen, welche Dionys Papin (gest. 1710 als Professor der Physik in Marburg) in einer im Jahre 1686 veröffentlichten Schrift, Moyen de transporter fort loin la force des rivières, auseinander gesetzt hatte. Derselbe wollte mittels der Triebkraft von Wassergefällen in einer langen Röhrenleitung eine Luftverdünnung erzeugen und dadurch in einem entfernten Cylinder einen luftverdünnten Raum hervorbringen; durch den Druck der atmosphärischen Luft sollte dann ein in diesem Cylinder befindlicher Kolben bewegt werden. Colladon machte noch verschiedene Vorschläge, die Bohrlöcher durch Wasser- oder Luftstrahlen zu reinigen, Strahlen brennenden Gases, die durch comprimirte Luft angefacht werden sollten, gegen die Bohrlöcher zu richten, um das Gestein zu erweichen ꝛc., aber zur Verwirklichung seiner Idee bedurfte es noch einer geeigne-

ten Bohrmaschine und vor Allem eines Hilfsmittels zur Comprimirung großer Luftmassen.

In ersterer Hinsicht erschien eine von Thomas Bartlett, Ingenieur der Victor Emanuels-Eisenbahn erfundene Bohrmaschine, als ein mächtiger Fortschritt. Colladon und Bartlett erhielten übrigens ihre Patente an einem und demselben Tage, 30. Juni 1855. Bartlett wollte seine Maschine durch Dampf treiben; allein es ließ sich leicht erkennen, daß diese Kraft beim Bau eines Tunnels von der Länge, wie der projectirte, schwerlich Anwendung finden konnte. Wie schon erwähnt war die Benutzung von Drahtseilen zur Fortleitung der Kraft auf so weite Entfernungen eine zweifelhafte Sache, die Fortleitung des Dampfes in Röhren auf solche Entfernungen war natürlich nicht ausführbrr und noch weniger konnte man an die Aufstellung von Dampfkesseln mit ihren Feuerungen im Innern des Tunnels denken. Die Anwendung comprimirter Luft zum Betriebe der Bohrmaschine schien daher das Zweckmäßigste.

Die Lösung der noch übrig bleibenden Aufgabe, die Herstellung großer Massen comprimirter Luft, verdankt man den italienischen Ingenieuren Grandis, Grattoni und Sommeiller. Dieselben beabsichtigten damals, auf der schiefen Ebene von Giovi eine Eisenbahn zum Betrieb mit comprimirter Luft nach Art der atmosphärischen Eisenbahnen einzurichten; erst im weiteren Verlaufe ihrer Studien und Versuche trat das Project der Alpendurchbohrung bei ihnen in den Vordergrund. Sie benutzten zum Comprimiren der Luft eine Wassersäule; aber während man früher nur den einfachen Druck der ruhenden Wassersäule verwendet hatte, machten sie auch die lebendige Kraft des bewegten Wassers für ihren Zweck nutzbar, und das Spiel ihrer Maschine hatte Aehnlichkeit mit dem des hydraulischen Widders. Mit dieser Compressionsmaschine, sowie mit den Bohrmaschinen wurden dann unter Leitung einer von der piemontesischen Regierung niedergesetzten Commission, die aus dem Senator Des Ambrois de Novado, Prof. Giulio, Oberst Ménabréa und den Ingenieuren Ruvo und Sella bestand, in der Nähe von San Pier d'Arena umfassende Versuche angestellt, welche über die Leistungsfähigkeit der Maschinen, über den Verbrauch com-

primirter Luft u. a. die nöthigen Aufschlüsse gaben und schließlich zur Annahme des ganzen Systemes bei der Durchbohrung des Col de Fréjus führten.

Das wirkliche Zustandekommen des ganzen Unternehmens ist hauptsächlich der Unterstützung des Ministers Graf Cavour zu danken. Als Sommeiller mit dem Plane auftrat, die bisher unbenutzt gebliebenen, reichlich vorhandenen Kräfte der Gebirgswässer zur Durchbohrung der Alpen und zur Ventilation des Tunnels zu verwenden, da wurde die Ausführbarkeit dieses Projectes vielfach angezweifelt, nicht blos von Laien, sondern selbst von Fachleuten. Das war auch im Grunde nicht merkwürdig; war man doch seit langer Zeit gewohnt, große Kraftleistungen nur von Dampfmaschinen zu erwarten. Das Gelingen des Sommeiller'schen Gedankens hat daher neben der unmittelbaren Wichtigkeit für den Bau des Mont-Cenis-Tunnels unzweifelhaft auch dazu geführt, die Aufmerksamkeit hingelenkt zu haben auf die Fülle von mechanischer Kraft, welche die Gewässer der Hochgebirge fast ohne Entgeld uns zur Verfügung stellen, und es ist nicht daran zu zweifeln, daß diese Kraft fortan mehr als bisher auch zu industriellen Zwecken ausgebeutet werden wird. Dem Scharfsinne Cavours entging diese Bedeutung der Idee Sommeiller's nicht. „Wenn diese Erfindung gelingt," sprach er im piemontesischen Parlamente in Turin, „so kann sie bedeutende Erfolge herbeiführen. . . . Mit einem Wasserfalle kann man das erreichen, was man anderswo von der Steinkohle verlangt. Wir haben dann in unsern Wasserfällen mehr bewegende Kraft, als England in allen seinen Kohlengruben." Cavour setzte es auch durch, daß das piemontesische Parlament den mit der Victor-Emanuel-Eisenbahn-Gesellschaft abgeschlossenen Vertrag guthieß, demzufolge die Regierung die Hälfte der auf 40 Millionen Lire veranschlagten Kosten des Tunnelbaues übernahm. Es mag gleich an dieser Stelle bemerkt werden, daß die erwähnte Summe in Wirklichkeit überschritten worden ist, indem die Gesammtkosten sich auf etwa 75 Millionen belaufen. Später übernahm übrigens die piemontesische Regierung die gesammten Kosten, und als nach der Schöpfung des Königreichs Italien das Herzogthum Savoyen französisch wurde, schloß Cavour 1862 einen Vertrag mit der französischen Regierung, demzufolge die Tunnel-

arbeiten von der italienischen Regierung zu Ende geführt, die Kosten aber zur Hälfte von Frankreich getragen werden sollten.

Inzwischen war von Mauß definitiv die Stelle bestimmt worden, wo der Tunnel die zwischen dem Col de la Pelouze und dem Col de la Roue gelegene Gebirgsmasse des Col de Fréjus durchbrechen sollte. Da die Arbeiten von beiden Seiten zugleich in Angriff genommen werden sollten, so mußte man dafür Sorge tragen, daß das Fortschreiten des Baues immer genau in derselben vertikalen Ebene erfolgte. Zu dem Zwecke wurden drei feste geodätische Punkte in dieser Ebene fixirt, einer auf der Höhe des Bergrückens, 2950 Meter überm Meere, die beiden andern an den Bergabhängen, welche den beiden Mündungen des Tunnels gegenüber liegen. Mit Hilfe der an den beiden letzteren Stationen aufgestellten Theodoliten wurden nun während des Baues in bestimmten Entfernungen Pendel in die richtige Vertikalebene eingestellt, nach denen man das weitere Fortschreiten des Baues regulirte.

Die Lage dieser Vertikalebene ist ungefähr von Süd- nach Nord, genauer von Süd 14° Ost nach Nord 14° West.

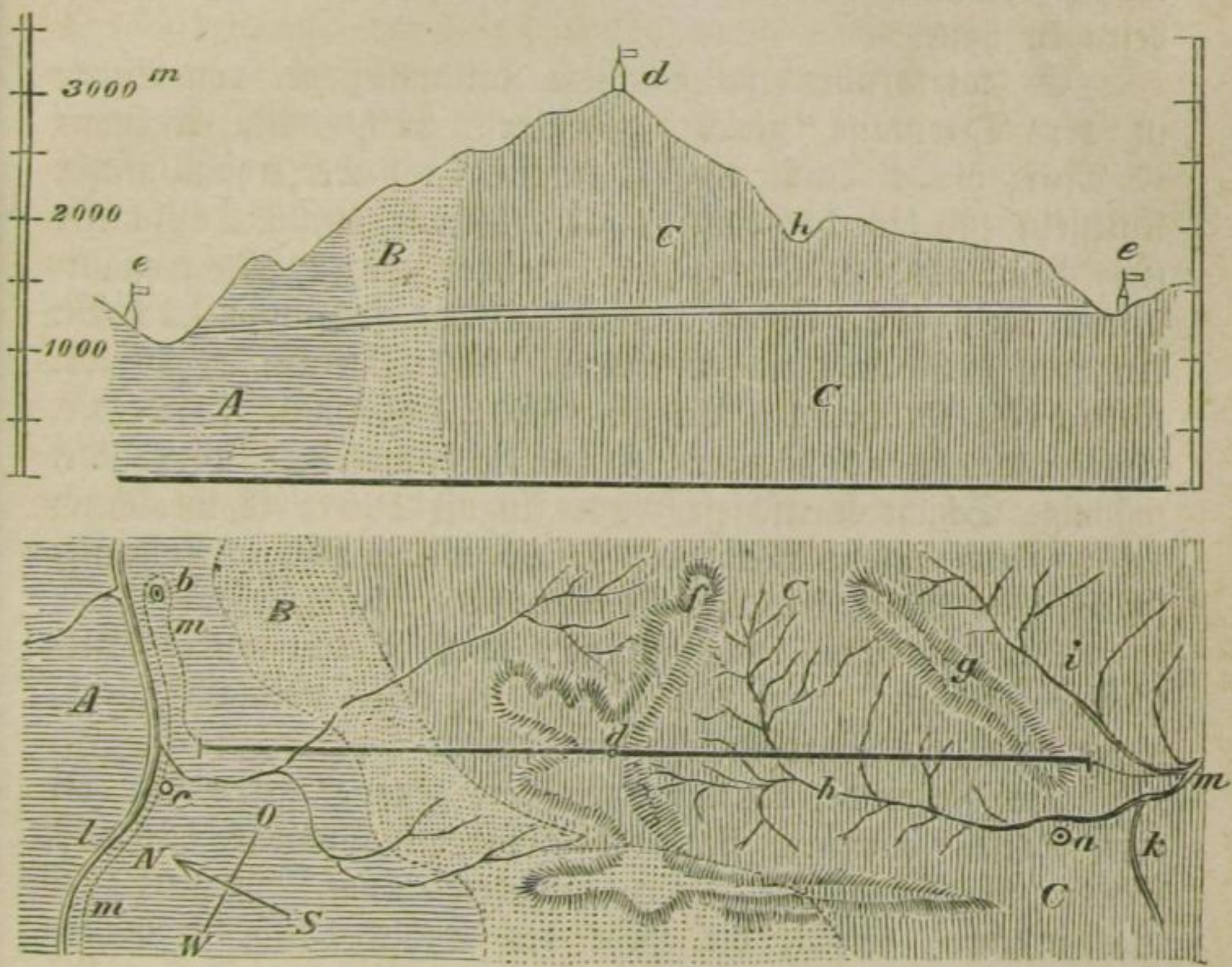
Wie schon erwähnt, besteht die Gebirgsmasse aus geschichtetem Gestein; aber das Streichen der Schichten ist nicht rechtwinkelig gegen die Ebene des Tunnels, sondern den Angaben des Ingenieurs Mella zufolge von Nord 35° Ost nach Süd 35° West, und die Schichten fallen nach nordwestlicher Seite hin unter einem Winkel von 50°. Da hiernach der Tunnel die Gesteinsschichten unter einem schiefen Winkel durchschneidet, so bekommt man die Mächtigkeit der einzelnen Schichten, wenn man von der Länge des Durchstiches 43 Proc. abzieht.

Ueber die Beschaffenheit der Gesteinsmasse selbst sind während des Baues die genauesten Beobachtungen angestellt worden, und die Dirigenten der Arbeiten, Capello in der nördlichen und Borella in der südlichen Galerie haben zahlreiche Gesteinsproben gesammelt und an Sismonda in Turin geschickt. Dieser hat auch im Sommer 1870 eine Sammlung von 127 solcher Proben an die französische Akademie geschickt, die am 4. Juli von Elie de Beaumont vorgelegt wurden.

Von Norden her traf man zuerst bis zu einer Tiefe von

128,00 Meter (5. December 1857 bis 25. April 1858) auf Schuttland, Sand, Grus, Quarzstücke ꝛc.

Fig. 38.



Der Mont Cenis und seine Umgebung.

A Alpine Anthracit-Formation.
B Mittlere Kalk-Formation.
C Untere Kalkschiefer-Formation.
a Bardonnêche.
b Modane.
c Fourneau.
d Observatorium auf dem Col de Fréjus.
e e Observatorien gegenüber den Tunnelmündungen.
f Col de la Pelouze.
g Cresta di Bauda.
h Merdovine-Bach.
i Rochemolle-Bach.
k Melaret-Bach.
l Arc-Fluß, m m Eisenbahn.

Hierauf trat man in die alpine Anthracitformation, die an dieser Stelle ganz ähnlich wie bei Aime in der Tarenta ise auftritt. Man durchstach zunächst (25. April 1858 bis 15. Juni 1865) 1967,35 M. Schiefer, Sandsteine, Kieselconglomerate, Talkschiefer ꝛc., und kam dann auf eine 381,40 M. starke Quarzitschicht, zu deren Durchsetzung man die Zeit vom

15. Juni 1865 bis 7. März 1867 brauchte; so bedeutend waren die Schwierigkeiten, welche diese Masse der Durchbohrung entgegengesetzte, daß die Arbeit hier nur 0,59 M. täglich vorrückte, während vorher der Fortschritt täglich 1,45 M. betragen hatte.

Es folgte nun eine mächtige Kalkmasse, der von Vilette in der Tarentaise gleich: zu oberst 220,5 M. Anhydrit (7. März bis 4. Juni 1867), dann 34,00 M. krystallinischer Kalkstein (4. bis 21. Juni 1867), hierauf 49,30 Talkschiefer (21. Juni bis 12. Juli 1867), wieder 21,82 M. krystallinischer Kalk (12. bis 23. Juni 1867), sodann 29,73 M. Anhydrit (23. Juli bis 3. August 1867), hierauf 21,20 M. Kalkschiefer (3. bis 13. August 1867), abermals 14,20 M. Anhydrit (13. bis 20. August 1867), dann eine 396,85 M. mächtige Schicht Kalkschiefer (20. August 1867 bis 24. März 1869) und zuletzt noch eine 70,80 M. mächtige Anhydritschicht (24. März bis 25. April 1868).

Am 25. April 1868 gelangte man in das untere Kalkschiefer-Terrain, dem von Naves in der Tarentaise gleich, welches sich bis Bardonnêche hin erstreckt.

Am Nordende, bei Modane, oder, genauer gesprochen, bei dem Dorfe Fourneau, liegt die Sohle des Tunnels 1202,82 Meter überm Meere, am südlichen Ende dagegen, bei Bardonnêche, beträgt die Höhe der Sohle 1335,38 Meter. Die Entfernung beider Stellen wurde bei der Triangulation zu 12220 M. bestimmt, ist aber, wie sich nachträglich herausgestellt hat, in Wirklichkeit etwas größer, nämlich 12233,55 M.

Da das nördliche Ende um 132,56 M. tiefer liegt, als das südliche, so hätte man dem ganzen Tunnel einen Fall nach Norden von ungefähr 11 Millimeter per Meter geben können, was einen Neigungswinkel von 0° 37′ 17″ gegeben hätte. Um aber nach beiden Seiten hin den zum Abfluß des Wassers nöthigen Fall zu erhalten, hat man der Mitte des Tunnels die Höhe von 1338,43 M. gegeben, so daß derselbe nach italienischer Seite um 3,05 M., d. i. im Verhältnisse von 1:2036, nach der entgegengesetzten Seite aber um 135,61 M. oder im Verhältnisse von 1:45 fällt. Der starke Fall auf der nördlichen Seite erwieß sich übrigens während

des Baues sehr nützlich, weil hier der Zudrang des Wassers weit bedeutender war als auf der Südseite.

Die Arbeiten begannen bei Bardonnêche im October und bei Modane im December 1857. Anfangs wendete man nur Handarbeit an, erst 1861 begannen die Maschinen auf der südlichen und 1863 auch auf der nördlichen Seite zu arbeiten. Mit der Handarbeit allein ist man um 1553 Meter vorgerückt. Am 1. Juli 1870 hatte die nördliche Galerie eine Länge von 4723,55, die südliche eine solche von 6603,65 M., im Ganzen waren 11327,20 M. durchbrochen. Anfang December konnte man die Arbeiten der Nordseite in der südlichen Galerie hören, und am Nachmittage des 26. December fiel die letzte Scheidewand. Die Durchbohrung ist in 13 Jahren 40 Tagen vollendet worden, während man ursprünglich 25 Jahre Arbeitszeit veranschlagt hatte. Die Fortschritte der Arbeit in den einzelnen Jahren ergeben sich aus der folgenden Zusammenstellung:

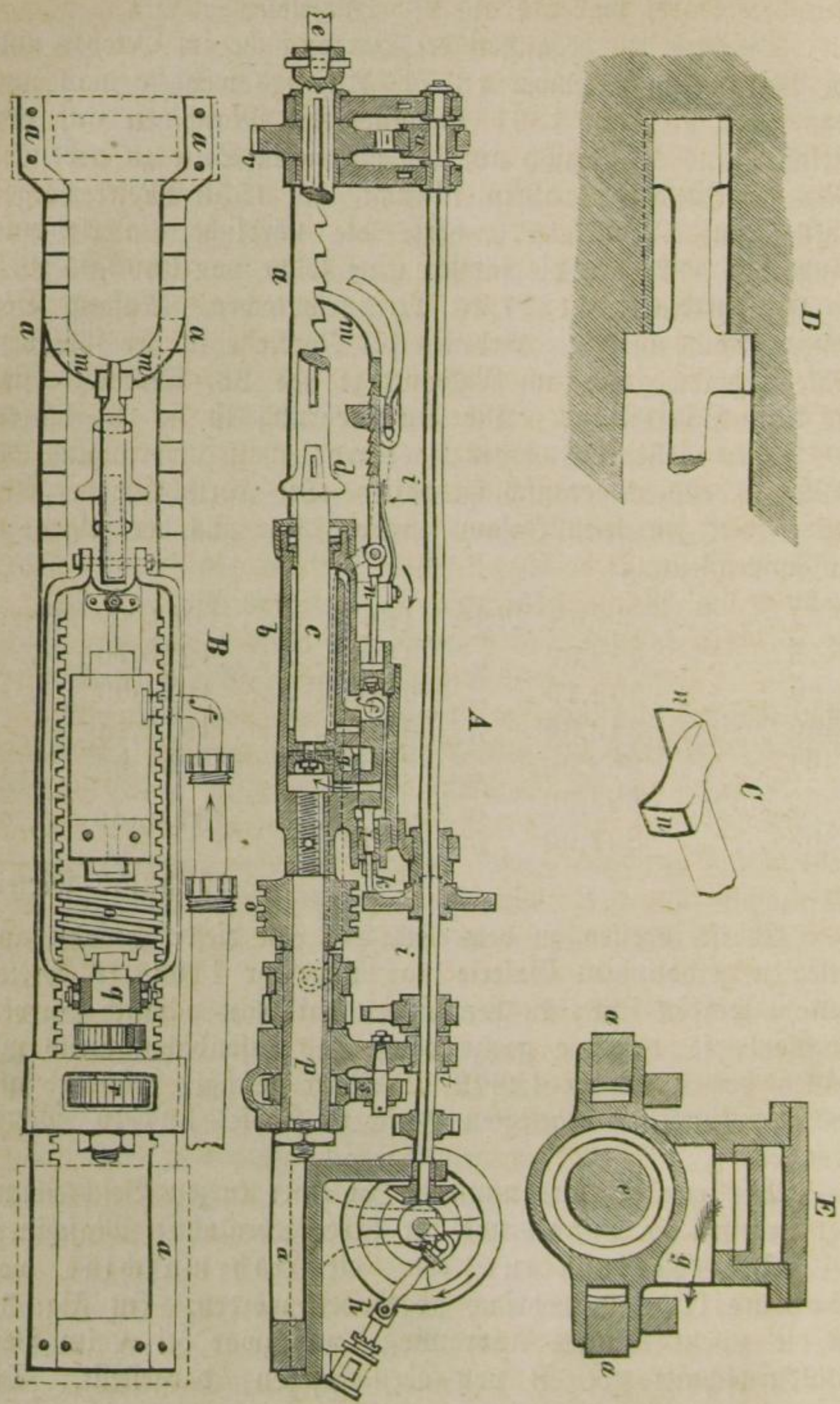
1857	38,08 Meter.	1864	1087,85 Meter.
1858	459,52 „	1865	1223,70 „
1859	369,10 „	1866	1024,99 „
1860	343,30 „	1867	1512,11 „
1861	363,00 „	1868	651,50 „
1862	623,00 „	1869 }	3735,40 „
1863	802,00 „	1870 }	
			12233,55 Meter.

Es ist indessen zu bemerken, daß von dieser zunächst angelegten geradlinigen Galerie nur ungefähr 11638,15 Meter benutzt worden sind; an den Enden hat man nämlich Curven angesetzt, so daß die ganze Länge des Eisenbahntunnels mit seinen beiden Köpfen 12848,92 Meter beträgt, während auf die ursprünglich angelegten falschen Köpfe 597,40 Meter kommen.

Wir wenden uns nunmehr zu einer kurzen Beschreibung der Arbeiten im Tunnel und der dabei gebrauchten Maschinen.

Der Perforateur oder die Bohrmaschine von Sommeiller ist mehrfach abgeändert worden. In Fig. 39 ist die zuletzt benutzte Anordnung, und zwar bei A im Vertikaldurchschnitt, bei B von oben gesehen, dargestellt. Die

Fig. 39.



ganze Maschine ruht in einem starken schmiedeeisernen Rahmen a, auf welchem sie leicht in die verschiedensten Lagen gebracht werden kann. Auf dem Rahmen gewahrt man zunächst einen messingenen Cylinder b von 75 Millimeter Weite, in welchem sich ein mit Leder gedichteter Kolben hin und her bewegt, dessen Hub 170 Millimeter beträgt und an welchem eine starke Kolbenstange c angebracht ist, die durch den Cylinderdeckel hindurch geht. Am Ende dieser Kolbenstange ist zunächst ein Mittelstück d befestigt, welches an seinem vordern Ende den Bohrer e trägt. Die Bohrer sind aus Gußstahl angefertigt und wirken nach Art eines Meißels, nämlich durch Schlag gegen das Gestein; ihre Länge beträgt 750 Millimeter. Die Form ihrer Enden ist verschieden, je nachdem sie für weite oder für enge Löcher bestimmt sind. C ist im doppeltem Maßstabe von A und B das Vorderende eines Bohrers für enge Löcher; die cylindrischen Flächen n n dienen zur Leitung des Bohrers im Bohrloche; D ist der Bohrer für weite Löcher, eigentlich aus zwei hintereiander an derselben Spindel befestigten Bohrern bestehend, von denen der vordere vorbohrt.

Die Bewegung der Maschine ist sehr rasch, jeder Bohrer macht 280 bis 300 Schläge in der Minute, nach jedem Schlage wird er ein Wenig um seine Achse gedreht; außerdem aber rückt der Cylinder und damit auch der Bohrer in jeder Minute 50 bis 60 Millimeter vorwärts. Zu diesem letzteren Zwecke dient eine Vorrichtung, die den ganzen Mechanismus wesentlich complicirt und die wir weiter unten kennen lernen werden. Das Bohren der Löcher geht übrigens schnell von statten, zu einen Loche von 700 Millimeter genügen 12 bis 15 Minuten Zeit. Selbstverständlich ist die Abnutzung der Bohrer durch die starken Schläge gegen das harte Gestein sehr bedeutend, man rechnet durchschnittlich 25 bis 30 Bohrer täglich auf eine Bohrmaschine.

Um die hin und hergehende Bewegung des Kolbens im Cylinder b zu bewirken, wird der Cylinderraum, der in unserer Figur A rechts vom Kolben liegt, abwechselnd mit comprimirter Luft gefüllt und mit der äußern Atmosphäre in Communication gesetzt; die linke Seite des Cylinders dagegen enthält stets comprimirte Luft. Da aber auf letzterer Seite die dicke Kolbenstange nur einen schmalen Ring der Kolbenfläche frei

läßt, so ist hier, wenn beide Seiten des Cylinders mit comprimirter Luft gefüllt sind, der Druck bedeutend geringer, und der Kolben bewegt sich daher vorwärts, d. h. von rechts nach links. Ist dagegen die rechte Seite des Cylinders mit der äußeren Luft in Verbindung gesetzt, so bewegt der Kolben sich rückwärts, nach rechts. Der Vertheilungsschieber, welcher die Luft auf die rechte Seite des Cylinders b führt, oder diese Seite mit der äußern Luft in Communication setzt, bewegt sich in dem auf der Oberseite des Cylinders befindlichen und mit demselben aus einem Stück gegossenen Schieberkasten. f in Fig. 39 A und B ist das Zuleitungsrohr für die comprimirte Luft; dasselbe läßt sich nach Art eines Zugfernrohres verlängern und verkürzern, um das allmälige Nachrücken des Cylinders zu gestatten. Durch g (Fig. 39 A) zieht die comprimirte Luft nach verrichteter Arbeit ab. Die Bewegung des Vertheilungsschiebers selbst wird durch eine kleine, ebenfalls durch comprimirte Luft getriebene und nach Art einer Dampfmaschine eingerichtete Cylindermaschine h bewerkstelligt. Die Kurbelwelle der letzteren macht 280 bis 300 Umdrehungen in der Minute und setzt mittels ein Paar konischer Räder eine vierkantige Achse i in Rotation. Auf dieser ist die Steuerscheibe k mittels einer Messingbüchse befestigt. Gegen die linke, mit Erhöhungen versehene Seite dieser Scheibe k drückt nun die an dem Vertheilungsschieber angebrachte Stange l. Auf dieser Stange sitzt nämlich ein mit Leder gedichteter Kolben, der den Schieberkasten auf der rechten Seite luftdicht schließt, und indem nun die comprimirte Luft beständig auf diesen Kolben wirkt, drückt sie die Kolbenstange gegen die linke Seite der Steuerscheibe. Durch die Erhöhungen und Vertiefungen auf dieser Scheibe wird dann der Vertheilungsschieber hin und her bewegt.

Wir betrachten nun den Mechanismus, durch welchen der Cylinder allmälig vorwärts geschoben wird. Der Cylinder b ist nicht auf dem Rahmen a befestigt, sondern wird nur durch denselben geführt, wie die Querschnittzeichnung E andeutet. Der Rahmen ist auf seiner vorderen Seite mit zahnförmigen Einschnitten versehen, in welche ein gabelförmiger Sperrhaken m eingreift, dessen Arme hinten in ein einziges Stück auslaufen, welches mit einem kleinen Kolben n in Verbindung steht, welcher sich in einem am Schieberkasten angebrachten

kleinen Cylinder bewegt. Durch den Druck der comprimirten Luft wird derselbe beständig nach vorn (links) gedrückt. Auf der hinteren Seite dagegen ist der Rahmen zahnstangenartig ausgeschnitten und in diese Zähne greift das Gewinde einer Schnecke o ein, welche lose auf einer hinten am Cylinder b angebrachten Achse p sitzt. Hinten ist die Schnecke mit Ausschnitten versehen, welche in die entsprechenden Knaggen einer Muffe q eingreifen, die auf derselben Achse sitzt. Auf dem weiter zurückliegenden Theile ist der Umfang der Muffe nach Art eines Sperrrades eingeschnitten und in diese Einschnitte greift ein Sperrhaken ein, der an einer auf der Achse i sitzenden excentrischen Scheibe angebracht ist. Bei jeder Umdrehung von i wird auch die Muffe um eine Zahnweite gedreht. Ist nun die Muffe mit der Schnecke o in Eingriff, so nimmt auch diese an der Drehung theil und sie schraubt sich selbst und damit auch den Cylinder b vorwärts; das Einrücken der Muffe in die Schnecke wird durch ein Paar links und rechts vom Cylinder b liegende Einrückestangen bewirkt, welche von dem Sperrhaken m aus bewegt werden; dieselben greifen an der Achse eines um die Muffe gelegten Ringes an und rücken damit die Muffe weiter. Was aber den Sperrhaken m anlangt, so liegt derselbe, wenn man anfängt ein Loch zu bohren; in ein Paar Einschnitten des Rahmens, und der Cylinder kann nicht vorwärts gehen, Schnecke und Muffe sind nicht im Eingriffe. Da das Bohrloch noch keine beträchtliche Tiefe hat, so kann der Bohrer noch nicht weit vorwärts gehen und der Kopf der Kolbenstange d trifft noch nicht an das mit dem Sperrhaken m verbundene vorspringende Stück. Sobald aber die Kolbenstange so weit vorgeht, daß sie dieses Stück berührt, so hebt sie damit den Sperrhaken m aus den Zähnen des Rahmens, (wie punktirt in Fig. 39 A angedeutet), derselbe wird jetzt durch den Druck der Luft im Schieberkasten vorwärts (nach links) geschoben, um in ein Paar weiter nach vorn liegende Zähne zu fallen, gleichzeitig wird aber auch durch die beiden Einrückestangen die Muffe in die Schnecke o eingerückt. In Folge dieses Eingreifens wird nun durch Drehung der Muffe auch die Schnecke mit gedreht und der Cylinder b vorwärts gerückt, und das so lange, als der Kopf der Kolbenstange d jenes Ansatzstück

trifft, d. h. so lange als der Bohrer rascher vordringt als der Cylinder. Sobald aber letzterer rascher vorgeht, fällt der Sperrhaken m in ein Paar Einschnitte des Rahmens und der Cylinder ist nun fest; die Schnecke dreht sich bei weiterem Drehen aus dem Eingriffe der Muffe. Der Cylinder geht auf diese Weise in dem Maße immer weiter vorwärts auf dem Rahmen, wie der Bohrer tiefer in das Gestein eindringt.

Soll nach Vollendung eines Bohrloches der Cylinder wieder zurückgeschoben werden, so wird der Sperrkegel außer Berührung mit der Muffe gesetzt und das Zurückdrehen erfolgt nun mittels der Räder r, s, t, von denen das erste auf derselben Achse wie die Muffe, das letztere aber auf der Spindel i sitzt.

Endlich ist noch die Vorrichtung zu erwähnen, durch welche der Bohrer nach jeden Schlage ein Wenig um seine Achse gedreht wird. Auf der Spindel i (Fig. A) ist eine excentrische Scheibe u angebracht, welche einen Sperrhaken trägt, welcher das auf der Bohrerspindel befestigte Rad v bei jeder Umdrehung von i um einen Zahn weiter dreht.

Jede solche Bohrmaschine hat ein Gewicht von 200 Kilogramm und kostet nur 2000 Franken; sie verbraucht bei 14—15 Stunden Arbeitszeit täglich ungefähr 156 Cubikmeter Luft.

Solcher Perforateure waren immer acht bis zehn zu gleicher Zeit am Ende der bereits in die Felsen gesprengten Galerie in Thätigkeit. Zu ihrer Aufstellung diente ein 15000 Kilogramm schwerer, eiserner Gestellwagen von 8,3 Meter Länge, 2,1 Meter Höhe und 1,5 Meter Breite, der auf 2 Paar Rädern mit 4 Meter Achsenstand auf einer Schienenbahn in der Mitte des Stollens lief. Durch einen gegen die Schienen der Bahn wirkenden Bremsklotz ließ sich der Wagen gehörig feststellen. Mit demselben war ein Tender verbunden, welcher theils Kästen zur Aufnahme des abgesprengten Gesteines, theils ganz oben cylinderförmige Wasserreservoirs trug. Dieses Wasser diente zum Ausspülen der Bohrlöcher und zum Abkühlen der Bohrer. Es wurde durch den Druck der comprimirten Luft in einer dünnen Röhre bis zum Bohrloche hingeleitet; für 70 Bohrlöcher brauchte man 3 Cubikmeter Wasser. Dasselbe wurde mittels einer durch comprimirte Luft getriebenen Pumpe aus einem an Ort und Stelle gegrabenen Brunnen geschöpft. Zur Fortbewegung des Wagens endlich diente eine auf dem-

selben aufgestellte, ebenfalls durch comprimirte Luft getriebene Maschine.

Die zehn in verschiedener Höhe und in verschiedener Neigung gegen den Horizont, wie gegen die Tunnelachse aufgestellten Maschinen wurden nun zur Herstellung von 0,9 M. tiefen und 0,3 bis 0,9 Centimeter weiten Löchern benutzt. Zwischen den engen Löchern brachte man immer eine Anzahl weiter an, die gar nicht mit Patronen besetzt wurden, sondern nur eine Linie bildeten, in der das Gestein dem Zersprengen den geringsten Widerstand entgegengesetzte. Jeder Stoß wurde mit ungefähr 70 Löchern besetzt. Während der Arbeit selbst wurden dieselben, wie schon erwähnt, fortwährend durch Wasserstrahlen ausgespült, nach der Vollendung aber wurde gegen jedes Bohrloch ein Strahl comprimirter Luft geleitet, der dasselbe austrocknete. Nach dem Fertigmachen der Löcher wurde der Wagen ungefähr 30 Meter weit zurückgeschoben, dann besetzte man die dazu bestimmten Löcher mit etwa 0,3 Meter langen Patronen, die man mittels Zündschnur entzündete. Das Gestein wurde dabei in Stücken von 3, höchstens 4 Kubikdecimeter Inhalt zersprengt, die sich leicht aufladen ließen. Das Sprengen erfolgte übrigens nicht auf einmal, sondern man besetzte erst eine Reihe von 8 in der Mitte gelegnen engen Bohrlöchern, zwischen denen sich mehrere weite befanden, und sprengte diese, dann lud man eine andere Reihe u. s. f. Im Ganzen wurden täglich etwa 720 Löcher gesprengt, deren Ladung 220 bis 250 Kilogramm Pulver erforderte.

Auf diese Weise wurde aber nicht der ganze Querschnitt des Tunnels hergestellt, sondern nur ein sogenannter Richtstollen von 4 Meter Weite und 3 Meter Höhe, den man dann noch erweiterte. Denn das Profil des fertigen Tunnels hat bedeutend größere Dimensionen, da der Tunnel zwei Schienengeleise enthält, zwischen denen ein Abzugscanal liegt, der während des Baues die Luftleitungsröhren enthielt; außerdem sind auf jeder Seite noch 70 Centimeter breite Trottoirs angebracht. Der Querschnitt des Tunnels ist elliptisch; die kleine Achse der Ellipse, liegt in einer Höhe von 1,26 Metern über den Schienenköpfen und beträgt 8 Meter. Die Höhe von dem Niveau der Schienenköpfe bis zum Scheitel des Gewölbes beträgt 6,24 Meter. Der ganze Tunnel ist bis auf eine

kleine Strecke im Quarzit ausgemauert. Die Fundamente des Gewölbes ruhen auf Beton; Widerlager, Kämpfer und die ersten Wölbsteine auf jeder Seite bestehen aus behauenem Bruchstein, der ganze obere Theil des Gewölbes aber besteht aus Ziegelsteinmauerwerk; als Füllmaterial über und hinter demselben dienen trockne Bruchsteine.

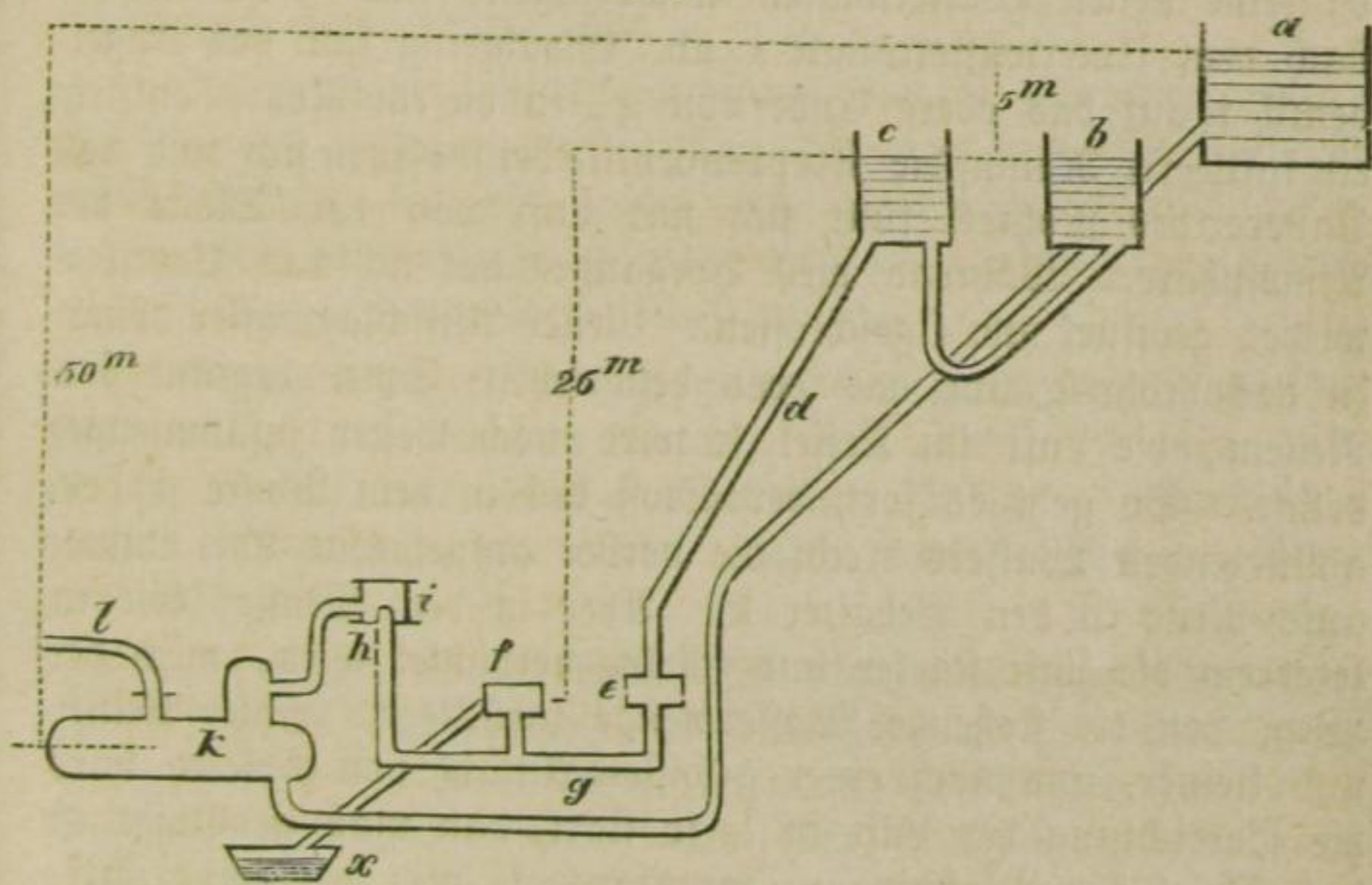
Wie schon erwähnt, wurde zum Betrieb der Bohrmaschinen comprimirte Luft benutzt. Diesselbe diente auch zugleich zur Versorgung der etwa 250 Arbeiter, die im Tunnel mit Beaufsichtigung der Bohrmaschine, mit Sprengarbeit, mit dem Wegschaffen des Schuttes, mit der Ausmauerung beschäftigt waren und täglich 3 mal abgelöst wurden, der Pferde, welche den Schutt fortfuhren und der zahlreichen Lichter, welche im Tunnel brannten, sie trocknete und reinigte die fertigen Bohrlöcher und verjagte nach dem Sprengen die Pulvergase.

Es bedurfte natürlich kräftiger Maschinen, um so große Mengen Luft, wie hier nöthig waren, zu comprimiren. Von den auf italienischer Seite aufgestellten Luftcompressionsmaschinen hat Rühlmann, der die Arbeiten 1862 besichtigte, eine übersichtliche Darstellung gegeben, der wir Folgendes entnehmen.

Die Maschinengebäude liegen zwischen Bardonnêche und dem Eingange des Tunnels und bestehen aus zwei Gruppen, einer oberen und einer unteren. Die oberen Gebäude enthalten die Behälter, in denen sich die Aufschlagwässer, die aus wilden Gebirgsbächen weit hinter Bardonnêche zusammenfließen, sammeln und von wo aus sie entsprechend vertheilt werden. Es sind dies die Gefäße a, b, c der Skizze Fig. 40; b ist das eigentliche Sammelgefäß, dasselbe ist ausgemauert und dient zugleich als Absatzgefäß. Durch eine Röhre ist es in Verbindung mit dem Behälter c, worin sich Schützen zum Zulassen, Absperren und Reguliren des in der Röhre d weiter fließenden Triebwassers befinden. d ist eine mächtige eiserne Röhre von 0,69 Meter Durchmesser und ungefähr 30 Meter Länge, die auf der unter einem Winkel von ungefähr 40° geneigten Böschung des Berges liegt. Durch die beiden Rechtecke e und f sind Ventile angedeutet, und zwar ist e ein Cylinder-Schiebe-Ventil, welches dem Aufschlagwasser den Weg nach g gestattet oder abschneidet, während f ein Doppelsitzventil ist, welches dem Wasser, nachdem es seine mechanische

Kraft fast ganz abgegeben hat, den Abfluß in den Unterwassergraben x gestattet. Der vertikal aufsteigende Theil des Rohres g ist oben bei h mit Oeffnungen versehen, die durch nach innen sich öffnende Klappenventile geschlossen werdea. Oben auf dem Rohre g liegt ein Kugelventil i in einem Gehäuse, welches durch ein Rohr mit einem großen eisernen Windkessel k von cylindrischer Form, 9 Meter Länge, 1,6 Meter Durchmesser und 18 Kubikmeter Inhalt in Verbindung steht. In diesem Kessel wird die Luft bis zu 5—6 Atmosphären Ueberdruck comprimirt und von da weiter nach der Arbeitsstelle geleitet. Damit aber die comprimirte Luft immer denselben

Fig. 40.



Druck behält, ungeachtet der kleinen Unterbrechungen, welche durch Ventilwechsel u. dergl. in der Betriebsmaschine entstehen, so führt aus dem untersten Theile des Windkessels ein Rohr nach einem Wasserbehälter a, dessen Wasserspiegel 50 Meter oberhalb der Mittellinie des Kessels liegt. Während der Thätigkeit der Maschine schwankt der Wasserspiegel in diesem sogenannten Bassin manométrique fortwährend auf und nieder, ohne daß merklich an Wasser verloren geht.

Das Spiel der Compressionsmaschine ist nun ungefähr folgendes.

Wir nehmen an, das Ventil e werde geöffet, f dagegen geschlossen; das Aufschlagwasser wird dann aus der Röhre d in die Röhre g stürzen und die Luft, welche sich in letzterer befindet vor sich her treiben, die Klappenventile im obern Theile von g werden sich schließen, das auf g sitzende Kugelventil i dagegen wird sich öffnen, die Luft wird in den Windkessel k getrieben und da derselbe übrigens geschlossen ist, so tritt hier eine Verdichtung der Luft ein. Mittlerweile ist aber das Ventil e geschlossen, f dagegen geöffnet worden. Das Wasser, welches durch seinen Stoß die Luft in den Windkessel getrieben hat, sinkt nun, nachdem es seine Geschwindigkeit eingebüßt hat, aus dem vertikalen Theile des Rohres g herab, da keine neuen Wassermassen nachdringen, und fließt durch f nach dem Unterwassercanale x ab. Gleichzeitig fällt das Kugelventil i auf das obere Ende von g, in diesem Rohre entsteht ein luftleerer Raum, die Klappenventile bei h öffnen sich und das Innere des Rohres füllt sich mit Luft von der Dichte der Atmosphäre. Während dies Vorganges hat sich das Ventil e wieder geöffnet und f geschlossen. Neues Aufschlagwasser dringt in das Rohr g und das eben beschriebene Spiel beginnt von Neuem, die Luft im Kessel k wird noch weiter zusammengedrückt. So geht es fort, der Stoß des in dem Rohre d herabstürzenden Wassers treibt die vorher aufgesogene Luft immer aufs Neue in den Behälter k. Aber in dem Maße, wie in letzterem die Luft stärker und stärker verdichtet wird, wird der Weg, den die stoßende Wassermenge zurücklegt, immer kleiner und kleiner, und nach einer gewissen Anzahl von Spielen wird die Verdichtung der Luft in k so stark, daß man genöthigt ist das Spiel der Maschine zu unterbrechen, oder der comprimirten Luft einen Abzug zu verschaffen. Zu letzterem Zwecke dient das Rohr l, welches den Anfang des Röhrenstranges bildet, der die Luft nach den Bohrmaschinen hinführt. Dieser Strang ist aus gußeisernen Röhren von 2 Meter Länge und 0,2 Meter Durchmesser im Lichten bei 10 Millimeter Wanddicke zusammengesetzt. Die Verbindung zweier Rohrstücke geschieht durch angegossene Flantschen mittels Schrauben; rundum sind in den betreffenden Röhrenwänden Nuthen angebracht, in welche eine starke Kautschukschnur als Dichtungsmittel eingelegt wird. In der Nähe der Arbeitsmaschinen

wendet man Röhren von vulkanisirtem Kautschuk mit eingelegten Federn an.

Sobald man die Luft aus dem Windkessel nach der Bohrmaschine leitet, stellt man übrigens auch die Verbindung zwischen dem schon nach k gelangten Wasser und dem Wasser des Druckregulators a her.

Noch ist zu erwähnen, daß zur Bewegung der Ventile e und f eine kleine nach Art einer Balancierdampfmaschine construirte Maschine dient, die durch comprimirte Luft, welche dem Kessel k entnommen ist, getrieben wird. Die nöthige Verdichtung der Luft vor Beginn der Thätigkeit der Compressionsmaschine wird durch den Druck des Wassers in a bewirkt.

Bei jedem Spiel liefert die Compressionsmaschine 1,29 Cubikmeter comprimirte Luft.

Solcher Compressionsmaschinen, wie die eben beschriebene, gab es zehn nebeneinander. Am Abhange des Berges lagen neben einander die zehn gewaltigen Eisenröhren d und unten waren zehn Luftkessel aufgestellt, von deren jeden eine separate Rohrleitung bis zur Arbeitsstelle führte.

Wie aus dem oben Gesagten sich ergiebt, wirkt das Aufschlagwasser nicht einfach durch seinen Druck, sondern durch Stoß, ähnlich, wie beim hydraulischen Widder. Daher kann auch die Spannung im Kessel größer werden, als der Druck der Wassersäule.

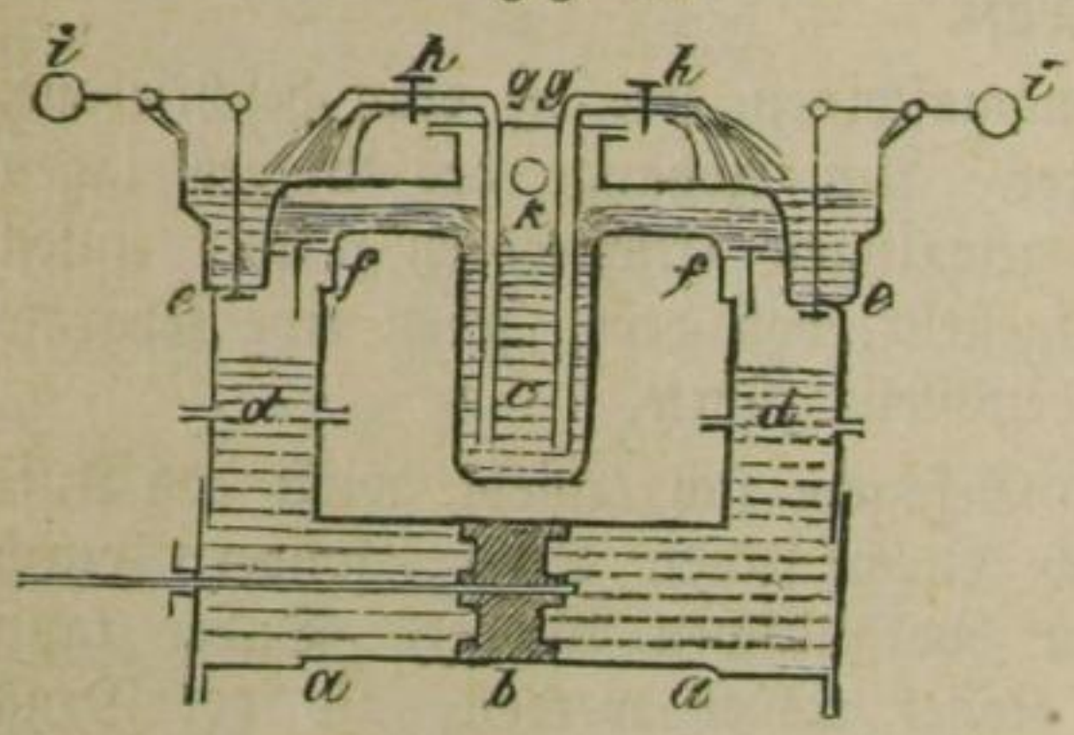
Die Wassermenge, welche bei Bardonnêche zur Verfügung stand, wurde Rühlmann zu 1 Cubikmeter per Secunde bezeichnet, was bei 25 Meter nutzbarem Gefäll (die Entfernung zwischen der Ausflußstelle f und dem Wasserspiegel in c betrug 26 Meter) eine Arbeitsgröße von 25,000 Kilogr.-Meter oder 333 Maschinenpferdekräften giebt. Rechnet man 50 Proc. Nutzeffect, so beträgt die Leistung reichlich 166 Pferdestärken.

Auf der andern Seite, bei Modane, stand nicht so ausgezeichnet hohes Wassergefäll zu Gebote wie bei Bardonnêche. Hier mußte die wildbrausende Arc ihre Kraft dazu hergeben, die Durchbohrung der Bergwand auszuführen. Durch einen schönen Wehr- und Canalbau entnahm man dem Flusse das zum Betrieb von 6 Wasserrädern von je 50 Pferdekräften nöthige Wasser und ließ durch diese Räder direct Luftcom-

pressions-Pumpen in Gang setzen. Alle übrigen Anordnungen waren wie bei Bardonnêche.

Gegen die Anwendung von Kolbenmaschinen zur Luftcompression sprach hauptsächlich der Umstand, daß bei solchen Maschinen schädliche Räume unvermeidlich scheinen. Diese müssen aber im höchsten Grade störend wirken, wenn es sich um eine Verdichtung der Luft bis zu 5 Atmosphären Ueberdruck und noch mehr handelt. Als man sich nun genöthigt sah, solche Kolbenmaschinen doch zur Anwendung zu bringen, hatte man den glücklichen Gedanken, alle schädlichen Räume zwischen den Kolben und Ventilen mit Wasser auszufüllen, welches fast gar nicht zusammendrückbar ist.

Fig. 41.



Die Einrichtung der Kolbenpumpe, welche bei Modane zur Luftcompression benutzt wurde, zeigt uns Fig. 41; a ist der Pumpencylinder von 35 Centimeter Weite, in welchem sich der mit Leder gedichtete Kolben b mit 70 Centim. Hub bewegt; c ist das Sammelgefäß, in welches die Luft von beiden Seiden des Kolbens gepumpt wird. An jedem Ende des Cylinders a befindet sich ein Cylinder d mit einem Saugventil e und einem Druckventil f. Wenn der Kolben b seine äußerste Stellung links hat, so ist das Ventilgehäuse d der linken Seite bis an die Ventile mit Wasser gefüllt; geht der Kolben nach rechts, so öffnet sich e, atmosphärische Luft strömt nach d und wird, wenn der Kolben wieder sich nach links bewegt, durch f nach dem Sammelbehälter c gepreßt. Da mit der Luft immer eine Quantität Wasser in den Sammelbehälter c gerissen wird, so ist auf jeder Seite ein Rohr g mit einem Hahn h angebracht, durch welches je nach der Stellung des Hahnes mehr oder weniger Wasser von c nach dem oberhalb d befindlichen Gefäße i und von da durch e nach d zurückfließen kann. Da der Gang der Maschine ein regelmäßiger ist, so kann der

Hahn h leicht so gestellt werden, daß Zufluß und Abfluß des Wassers sich ausgleichen. Das Gewicht i hält der über e stehenden Wassersäule das Gleichgewicht. k ist die Oeffnung, durch welche die comprimirte Luft aus dem Sammelgefäße c weiter geleitet wird.

Wie bereits mehrfach erwähnt, diente die comprimirte Luft zugleich zur Ventilation. Zu dem Zwecke strömte nicht nur die Luft, nachdem sie ihre Arbeit in den Maschinen verrichtet, in den Tunnel, sondern nach jeder Sprengung ließ man auch einen kräftigen Strahl comprimirter Luft austreten, die sich rasch ausdehnte und den Pulverdampf verjagte. Bei dem weiteren Vordringen der Arbeiten konnte man aber der sich ausdehnenden Luft nicht allein die Ventilation überlassen, man stellte vielmehr auf jeder Seite eine große Saugmaschine auf, die in einer Minute die enorme Menge von 48,000 Cubikmeter Luft aus dem hintersten Theile des Tunnels zog. Der Haupttheil dieses Saugapparates ist eine große Glocke von Metallblech, welche abwechselnd steigt und sinkt, wodurch intermittirend ein luftleerer Raum gebildet wird, der durch eine Rohrleitung mit der Arbeitsstelle im Innern des Tunnels in Verbindung steht und die verdorbene Luft aufsaugt. Als bewegende Kraft wurde ebenfalls Wasser benutzt.

Am 26. December vorigen Jahres war der Durchbruch vollendet, d. h. die von beiden Seiten getriebenen Richtstollen trafen auf einander. Es blieben nun aber noch vielerlei Arbeiten übrig, ehe die erste Lokomotive durch den Tunnel gehen konnte. Nicht blos galt es, den letzten Durchbruch zu erweitern und mit Mauerwerk auszukleiden, die bisher interimistischen Schienen durch die definitiven Geleise zu ersetzen u. a., sondern man hatte auch namentlich auf französischer Seite noch ein schwieriges Stück Bahn zu vollenden, welches den Tunneleingang mit der Sohle des Arcthales verbindet. Der nördliche Eingang des Tunnels liegt an 100 Meter über der Thalsohle oberhalb des Ortes Fourneau; während des Baues hatte man zwischen diesem Dorfe und dem Tunnel eine schiefe Ebene mit Drahtseilbetrieb angelegt, um die verschiedenen Materialien vom Thale aus in die Höhe zu bringen. Um nun die Bahn bis zur Thalsohle zu führen, mußte man sie erst ein ziemliches Stück dem Laufe der Arc entgegen, um das Städtchen Modane,

herum und dann dem Laufe der Arc folgend weiter abwärts bis St. Michel anlegen, wo der Endpunkt der Fell'schen Tunnelbahn liegt. Auf dieser 18 Kilometer langen Strecke war aber der Bau nicht ohne Schwierigkeiten, namentlich waren mehrere Durchschläge zu machen, darunter einer von 1200 Meter Länge. Auch auf italienischer Seite waren viele Schwierigkeiten zu überminden. Zwischen Bussoleno (bei Susa) und Bardonnêche mußten eine Menge Tunnel von 6343 Meter Gesammtlänge gebohrt und zahlreiche Viaducte und Brücken hergestellt werden.

Die definitive Eröffnung der Bahn durch den Mont-Cenis-Tunnel war für die Mitte 1871 festgesetzt, konnte aber erst am 17. September erfolgen.

Die Durchbohrung des Montcenistunnels war nicht blos für Ingenieure und andere Techniker, sondern namentlich auch für die Geologen von größtem Interesse, insofern sie ihnen ein mächtiges Schichtensystem erschloß, wie früher noch keins durchsetzt worden war. Denn nach dem, was oben über die Länge des Tunnels und die Neigung der einzelnen Gesteinsschichten gesagt worden ist, beträgt die gesammte Mächtigkeit der Schichten, durch welche der Tunnel führt, gemessen in senkrechter Richtung gegen die Schichtungsflächen, ungefähr 7066 Meter, also fast eine geographische Meile (7420 Meter).

Was zunächst den Feuchtigkeitszustand des durchbohrten Gesteins betrifft, so war das Innere des Berges nahezu trocken. Allerdings wurden von Zeit zu Zeit versteckte Wasserbehälter erbohrt, aus deren Oeffnungen das Wasser mit großer Geschwindigkeit, als stünde es unter einem starken Drucke, ausströmte; aber dieselben waren bald erschöpft, standen also augenscheinlich nicht durch Klüfte in Verbindung mit höher gelegenen Sammelbecken. Im Durchschnitt betrug der Ausfluß des Wassers aus jedem der Mundlöcher des Tunnels nicht mehr als ein Liter in der Sekunde. Die reichste Wasseransammlung auf italienischer Seite wurde im Jahr 1861 erbohrt, sie gab indessen nicht mehr als etwa 1,300,000 Liter Wasser, entsprechend einem Hohlraum von 1300 Cubikmeter. Die Temperatur dieser Grubenwässer war je nach der Oertlichkeit verschieden; auf französischer Seite schwankte sie zwischen 12°,5 und 13°,2 R., auf der italienischen hatte die eben erwähnte

größte Wasseransammlung, die man ungefähr 860 M. unter der Oberfläche antraf, eine Temperatur von 14,°25 R., die nächst größte, im Jahr 1867 erbohrte hatte 20°,9. Größere Temperaturen zeigte das Wasser auch in der Mitte des Tunnels nicht. Dabei enthielt dasselbe nur wenig mineralische Bestandtheile. Wenn daher die Schichten des Col de Fréjus vielfach metamorphosirt sind, so kann man, wie Prof. A. D. T. Ansted bemerkt, dem Wasser keine wesentliche Rolle bei diesem Umwandlungsprocesse zuschreiben.

Ueber die innere Temperatur der Felsen liegen wenigstens von italienischer Seite einigermaßen zuverlässige Beobachtungen vor. Hiernach ist die Wärmevertheilung eine sehr gleichmäßige. In der Mitte des Tunnels betrug die eigne Wärme des Gesteins 21°1/3 R. Dies ist weniger, als man bei dieser Tiefe andern Beobachtungen zufolge erwarten sollte; denn es ergiebt sich daraus eine Zunahme der Temperatur um 1° R. für eine Zunahme der Tiefe um etwa 60 Meter, während anderwärts bei sehr tiefen Brunnenbohrungen die gleiche Temperaturzunahme schon auf 34 bis 36 Meter beobachtet worden ist. Die Beobachtungen im Tunnel sind aber besonders deshalb von hohem Werthe, weil auf italienischer Seite die Felsmassen immer dieselben bleiben, weil alle Erzgänge, Verwerfungen und überhaupt größere Störungen der regelmäßigen Schichtung, abgesehen von ihrer steilen Aufrichtung und der öfters vorkommenden Faltung, fehlen. Dazu kommt die große Tiefe, in welcher diese Beobachtungen angestellt wurden. Mit den Temperaturbeobachtungen in den Felsen stehen übrigens auch diejenigen der Wassermassen, die man angetroffen im Einklange. Im Ganzen haben die Temperaturmessungen in dem Montcenistunnel die schon anderweit gefundene Thatsache bestätigt, daß bei Beobachtungen in größeren Tiefen sich eine langsamere Zunahme der Temperatur nach dem Inneren der Erde hin ergiebt, als wenn man nur geringere Tiefen in Betracht zieht.

Der neue Londoner Themsetunnel.

Der Gedanke, die beiden Ufer der Themse in London durch einen Tunnel zu verbinden, scheint im Jahr 1799 zuerst aufgetaucht zu sein. Indessen ging man damals nicht zur

Ausführung. Im Jahre 1804 ertheilte das Parlament einem zweiten Projecte seine Zustimmung, und diesmal wurde die Arbeit begonnen. Zwar mußte man die Abteufung des ersten, 3,35 Meter weiten Schachtes schon bei 12,8 M. Tiefe unterbrechen, aber es gelang doch einem zweiten Schacht von 2,44 M. Durchmesser und 23,16 M. Tiefe herzustellen und von diesem aus hatte man einen Stollen bis 281 M. weit unter dem Flusse gegraben, als man sich genöthigt sah, die Arbeit als unausführbar zu unterbrechen. Im Jahre 1823 veröffentlichte dann Sir Isambard Brunel sein bekanntes Tunnelproject und nachdem dasselbe am 24. Juni 1824 die Genehmigung des Parlamentes erhalten hatte, begann 1825 der Bau. Zunächst wurde am rechten Ufer der Themse, 2 englische Meilen unterhalb der Londonbrücke, ein Cylinder von 914 Millimeter starkem Mauerwerk und 15,24 Meter Durchmesser nach Art eines gewöhnlichen Brunnens bis in eine Tiefe von 19,81 Meter in die Erde versenkt. Bei 19,2 Meter Tiefe begann die horizontale Ausschachtung der aus zwei nebeneinander herlaufenden Galerien bestehenden Tunnels. Aber wiederholt brach in den Jahren 1827 und 1828 der Fluß ein und füllte beide Gänge aus. Lange blieb die Arbeit liegen, indessen wurde sie doch wieder aufgenommen und am 13. August 1841 durchschritt Brunel zum ersten Male den ganzen, 347 Meter langen Tunnel, am 1. August des folgenden Jahres wurde der eine Bogengang, am 25. März 1843 auch der zweite dem Verkehr übergeben. Im Jahr 1869 kaufte eine Eisenbahngesellschaft den Tunnel an und richtete ihn für ihren Betrieb ein.

Der ins Ungeheure wachsende Verkehr der britischen Hauptstadt*) veranlaßte nun im Jahr 1869 den Bau eines neuen Tunnels, welcher Tower Hill mit Vine Street verbindet. Unternehmer des Ganzen war Greathead, Ingenieur der inzwischen verstorbenen Peter W. Barlow jun.

An den beiden Endstationen hat man 3,1 Meter weite

*) Nach der Zählung vom 3. April 1871 zählt London (im Machtbereich der hauptstädtischen Polizei auf 687 engl. Quadr.-Meilen) 3,883,092 Einwohner, d. h. 660,000 mehr, als bei der letzten Zählung im Jahre 1861.

Schächte bis zu einer Tiefe von 17,1 und beziehentlich 19,2 Meter Tiefe bis in den London-Clay abgeteuft und mit Ziegeln ausgemauert, in einer 5—6 Meter mächtigen Kiesbank aber noch mit einer gußeisernen Hülle versehen. Die Schachttiefen sind durch den 402,328 M. langen Tunnel mit einander verbunden, der zunächst 30,5 Meter weit horizontal läuft, dann aber bis in die Mitte des Flußbettes einen Fall von 1 auf 40 hat. Seine Tiefe unterm Flußbett beträgt in der Mitte 6,705 Meter. Derselbe ist nicht in Mauerwerk ausgeführt, sondern besteht aus einem runden eisernen Rohr von 2,13 M. Durchmesser.

Dieser Tunnel ist übrigens nicht für Fußgänger, sondern für eine Omnibusbahn von 0,76 M. Spurweite eingerichtet. Der Omnibus ist aus Stahlblech gefertigt, enthält 14 Sitzplätze und an den Enden Thüren. Er wird mittels eines Stahldrahtkabels von einer vierpferdigen, in dem einen Schacht aufgestellten Dampfmaschine in Gang gesetzt. An jeder Station ist ein Wartesaal von 7,9 M. Länge und 3 M. Höhe angebracht. Eine eiserne Treppe führt in jeden Schacht hinab, außerdem ist aber noch ein eiserner Förderkorb von 1,98 M. Höhe, 1,83 M. Länge und 1,52 M. Länge vorhanden, der an Ketten aufgehängt, und durch Gewichte regulirt ist. Derselbe dient ebenfalls zur Personenbeförderung in die Schachttiefe, wie auch aufwärts; seine Geschwindigkeit wird durch einen Windflügelregulator und einen bequem zu handhabenden Brems regulirt.

Wenn kein Aufenthalt, etwa durch zu großen Andrang veranlaßt, eintritt, so nimmt das Hinablassen in den Schacht, die Fahrt durch den Tunnel und die Heraufbeförderung an der andern Station zusammen nur 3 Minuten Zeit in Anspruch.

Interessant ist die Art und Weise, wie man den Tunnel herstellte. Man bediente sich dazu eines Schildes, das aus sechs, um eine 96 Centimeter weite, sechseckige Oeffnung gruppirten Blechtafeln bestand, und welches innerhalb eines weiteren, aus 12,5 Millimeter starkem Blech gebildeten Rohres durch sechs Schrauben vorwärts geschoben wurde. Dieses 1,366 Meter lange Rohrstück ruhte hinten auf der gußeisernen Auskleidung des bereits fertigen Tunnels und überragte vorn den

Schild noch um etwa 0,2 Meter. Vor dem Schild wurde die Erde sorgfältig ausgegraben und in dem Maße, wie der Schild vorrückte, der zwischen demselben und der Rohrwandung befindliche 2½ Centimeter weite Zwischenraum mit einem schnell erhärtenden dünnen Mörtel aus Liaskalk ausgespritzt. Wenn der Schild sich nicht weiter mehr vorschieben ließ, so wurde er zurückgezogen und nun im Innern des Rohres ein neues Stück der gußeisernen Auskleidung des Tunnels zusammengesetzt und, mit dem bereits fertigen Stück verbunden. Zu dem Zwecke wurde diese Auskleidung aus vier cylindrischen Segmenten von 457 Millimeter Länge zusammengeschraubt. Da man durchschittlich 6 neue Abschnitte in 24 Stunden ansetzte, so rückte die Arbeit täglich um 2,74 Meter vor. Dem Ganzen ging ein 1,8 M. hoher und 1 M. breiter Richtstollen 2—3 Meter voraus, der von zwei Mann getrieben wurde. Die gewonnenen Erdmassen wurden durch eine kleine Locomobile fortgeschafft, die zugleich das Einpumpen frischer Luft besorgte.

Die Arbeiten begannen am 16. Februar 1869, und schon im November desselben Jahres konnte der Tunnel dem Verkehr übergeben werden. Zu seiner Herstellung waren also nur etwa 9 Monate erforderlich, während Brunel mit dem Bau seines Tunnels doppelt so viel Jahre zugebracht; beim Baue des letzteren kamen 7 Personen ums Leben, was damals als ein Beweis für die große Umsicht Brunels betrachtet wurde, da beim Bau der Londonbrücke nicht weniger als 40 Leute verunglückten. Beim Bau des neuen Tunnels kamen überhaupt keine ernstlichen Unglücksfälle vor. Die Kosten des alten Tunnels betrugen 450,000 Pfd. Sterling, die des neuen übersteigen nicht 16,000 Pfd.

Verschiedene andere Tunnelbauten und -Projecte.

Gotthard-Tunnel. Schon seit einem Vierteljahrhundert hat man daran gedacht, die Mitte der Alpenkette, die Scheidewand zwischen Deutschland und der Schweiz einer- und Italien andererseits, durch eine Eisenbahn zu durchschneiden. Hauptsächlich richtete man sein Augenmerk dabei auf die Pässe des Simplon, St. Gotthard, Lukmanier, Bernhardin, Splügen

und Septimer; doch sah man verhältnißmäßig früh schon vom Bernhardin und Septimer ab. Der ganze Plan rückte seiner Verwirklichung näher, als Oesterreich die Brennerbahn in Angriff nahm; die italienische Regierung ließ jetzt die für das commercielle Interesse Italiens hauptsächlich in Frage kommenden drei Uebergangspunkte: Gotthard, Lukmanier und Splügen, in technischer und commercieller Hinsicht näher prüfen, und nach 2½ Jahren entschied sich die mit dieser Aufgabe betraute Commission für den Gotthard. In Folge dieser Entscheidung knüpfte dann Italien mit dem Norddeutschen Bunde und den Staaten Süddeutschlands Unterhandlungen wegen Unterstützung der Gotthardlinie an. In der Schweiz schwankte man damals noch zwischen Splügen, Lukmanier und St. Gotthard und in der Ostschweiz, namentlich aber in Frankreich, wünschte man den Bau der Simplonlinie. Für Italien hatte diese letztere als Verbindung des Genfer Sees und Rhonegebietes mit der norditalienischen Ebene wenig Bedeutung, da diese Verbindung schon durch die Mont-Cenis-Bahn vermittelt wurde. Für Deutschland kam vorzugsweise nur die Gotthardlinie in Betracht, weil der Splügen zu nahe an der Brennerbahn liegt; der Lukmanier war streng genommen nur so lange zu berücksichtigen, als man an eine Ueberschienung des Passes nach Art der Fell'schen Bahn über den Mont Cenis dachte. Nun hat sich aber gezeigt, daß dieses System nicht so rentabel ist, als man anfangs voraussetzte; andererseits kann nach den beim Bau des Mont-Cenis-Tunnels gemachten Erfahrungen heutigen Tages die Ausführung selbst der längsten Tunnel nicht mehr so schwierig erscheinen, als dies ehemals der Fall war. Daher hat man sich denn schließlich für den Gotthard als Ueberpangspunkt entschieden. Nach den Beschlüssen der im October 1869 von Abgesandten des Norddeutschen Bundes, Italiens, der Schweiz, Badens und Würtembergs abgehaltenen Conferenz soll die Gotthardlinie eine Länge von 263 Kilometer bekommen und die Linien Luzern-Küßnacht-Immensee-Goldau, Zug-San Adiano-Goldau, Goldau-Fiore-Biasca-Bellinzona, Bellinzona-Lugano-Chiasso, Bellinzona-Magadino und außerdem eine Linie von Bellinzona nach der italienischen Grenze bei Luvino mit einer Zweigbahn nach Locarno umfassen. Von Seiten der Regierungen wurde dem Unternehmen

eine Unterstützung von 85 Millionen Franken in Aussicht gestellt, wovon 45 Mill. auf Italien und je 20 Mill. auf Deutschland und die Schweiz kommen.

Die Bahn soll nun den Gebirgsstock des Gotthard in einem Tunnel durchsetzen, der noch länger werden wird, als der kürzlich vollendete durch den Col de Fréjus. Das Nordende desselben soll in die Nähe des kleinen, jetzt etwa 150 Einwohner zählenden Dörfleins Göschenen im Thal der Reuß, Canton Uri, das Südende oberhalb Airolo im Livinenthale, Canton Tessin, zu liegen kommen. Nach den vom schweizer Ingenieur O. Gelpke im Spätsommer und Herbst 1869 ausgeführten Messungen beträgt die Länge der Tunnelachse vom Orientirungsstein Göschenen bis zu dem vom Airolo 15586,60 Meter mit einer Unsicherheit von 6 Centimetern; der erstgenannte Punkt liegt 1128,330 Meter, der letztere 1147,414 Meter über dem Meeresspiegel. Die Richtung der Tunnelachse ist ziemlich genau von Nord nach Süd, genauer von Nord $5\frac{1}{2}^0$ West nach Süd $5\frac{1}{2}^0$ Ost. Der Tunnel wird übrigens nicht, wie der des Mont Fréjus, nur von beiden Seiten her zu gleicher Zeit in Angriff genommen werden, sondern es soll auch bei dem an der Paßstraße gelegnen Orte Andermatt, ungefähr 4 Kilometer vom nördlichen Ende entfernt, ein Schacht von etwa 300 Meter Tiefe abgeteuft werden.

Tunnel unter dem Aermelcanal. Schon seit langer Zeit hat man lebhaft die Uebelstände empfunden, mit denen der außerordentliche lebhafte Verkehr zwischen England und Frankreich zu kämpfen hat. Die Häfen auf beiden Seiten des Aermelcanals gewähren in ihrem jetzigen Zustande nur kleinen Schiffen den nöthigen Schutz, der Verkehr zwischen beiden Ufern muß daher durch verhältnißmäßig kleine Fahrzeuge unterhalten werden, die wieder nicht so gut, wie große Schiffe den Unbilden der Witterung zu widerstehen vermögen. In Folge dieser Umstände und bei den ungünstigen klimatischen Verhältnissen ist die Ueberfahrt nur etwa während eines Vierteljahres so bequem, wie es für Reisende wünschenswerth ist. So erklären sich denn die vielerlei Projecte, die im Laufe der Zeit aufgetaucht sind, um eine bequeme Verbindung zwischen England und Frankreich zu ermöglichen.

Schon im Anfange dieses Jahrhunderts machte der französische Ingenieur Mathieu dem Ersten Consul Bonaparte den Vorschlag zur Herstellung eines unterirdischen Tunnels zwischen beiden Ländern. Aber abgesehen von den technischen Schwierigkeiten, die sich zu jener Zeit der Verwirklichung dieses Planes entgegengestellt hätten, waren auch die politischen Zustände damals der Ausführung eines solchen völkerverbindenden Werkes nicht günstig. Als aber durch Napoleon's III. Vermittlung die politische Abneigung, welche Jahrhunderte lang zwischen Franzosen und Engländern bestanden hatte, beseitigt oder doch zurückgedrängt worden war, machte sich das Bedürfniß einer bessern Verbindung beider Länder angesichts der übrigen großartigen Verkehrserweiterungen und des gesteigerten Handels immer stärker geltend.

Zunächst tauchten wieder Tunnelprojekte auf. Im Jahre 1856 veröffentlichte Thomé de Gamond ein Project zur Herstellung eines Eisenbahntunnels unter dem Canale. Durch Aufschüttung sollten 3 künstliche Inseln gebildet und auf jeder derselben ein Schacht abgeteuft werden. Von diesen Schächten aus sollte dann der Bau des Tunnels in Angriff genommen werden, wobei dieselben zugleich die Ventilation zu vermitteln bestimmt waren. Dies Project erregte ungemeines Aufsehen und die französische Regierung legte dasselbe einer aus Ingenieuren gebildeten Commission zur Prüfung vor, welche denn auch die Bewilligung von 500,000 Franken zur Anstellung gründlicher Vorversuche beantragte. Indessen ließ man das Project mit Rücksicht auf die Beeinträchtigung, mit der die freie Schifffahrt bedroht wurde, fallen.

Mit dem Gamond'schen Plane war das Signal zu einer wahren Fluth von Projecten gegeben, deren Urheber in den seltensten Fällen eine richtige Vorstellung von den zu überwältigenden Schwierigkeiten hatten. Vor allen Dingen wollten Viele, statt einen Tunnel unter dem Bett des Meeres zu graben, eine große eiserne Röhre im Meere versenken. Dieselbe sollte in einzelnen Stücken angefertigt werden, die man durch Schiffe oder Flöße an Ort und Stelle bringen und dort versenken könnte. Dann müßte die genaue Verbindung am Meeresboden — in 56 Meter Tiefe unter dem Meeresspiegel — durch Taucher besorgt werden, die sich besonders an einen

langen Aufenthalt unter dem Wasser gewöhnen müßten. Nach Vollendung dieser Arbeit bliebe dann nur noch übrig, das Wasser aus der Röhre auszupumpen. Andere wollten die Röhre nicht auf den Meeresboden legen, sondern sie in einer gewissen gleichmäßigen Tiefe unter dem Wasserspiegel aufhängen, theils durch Verankerung nach unten, theils mittels Bojen, die auf der Oberfläche schwimmen. Bei ruhiger See sollte man alle einzelne Rohrstücke auf Pontons an die richtige Stelle schaffen, hier rasch an einander nieten und dann das ganze 36 Kilometer lange Rohr durch einige Tausend Arbeiter gleichmäßig versenken.

Unter den mancherlei Projecten zu Röhrentunneln und Tunneln unter dem Meeresgrunde mögen hier zwei eine ausführliche Erwähnung finden.

J. F. Bateman und Julian J. Revy wollen eine gußeiserne Röhre quer durch den 56 Meter tiefen Aermelcanal legen, die als Eisenbahntunnel dienen soll. Das gußeiserne Rohr, dessen Gesammtlänge etwa 34 Kilometer betragen dürfte, soll aus einzelnen Ringen von je 4 Meter Länge und jeder derselben wieder aus 6 Segmenten zusammengesetzt werden. Diese Segmente sind mit Flanschen zum Verschrauben miteinander und mit den nächsten Ringen zu versehen, die Anschlußflächen sauber abzudrehen und zu hobeln und mit Nuthen zu einer Bleidichtung auszustatten. Im Ganzen würden ungefähr 6000 solcher Segmente von je 200 Centner Gewicht nöthig sein, und es würde zu ihrer Herstellung eine eigene Fabrik an der englischen Küste anzulegen sein.

Von besonderem Interesse ist die Art und Weise, wie das Rohr unter Wasser von einem Ufer zum andern zusammengesetzt werden soll. An dem bereits fertigen Rohrstück soll nämlich vorn eine mächtige eiserne Kammer angebracht werden, die in dem Maße, wie der Bau vorschreitet, weiter vorrückt und in deren Innern immer neue Ringe an das fertige Rohrstück angesetzt werden. Diese Kammer, die nach Art des Deckels eines Fernrohres das Ende des fertigen Rohrstückes umfassen und gegen das Wasser abschließen soll, würde 20 Meter Länge bei 5 Meter Durchmesser haben und außerhalb des Wassers etwa 15,000 Ctr. wiegen. Sie soll aus gußeisernen, im Innern ausgebohrten Ringen mit 0,2

Meter Wandstärke construirt werden. Zum dichteren Verschluß, sowie zur sicheren Führung der Kammer sind an den einzelnen Röhrensegmenten auswendig Rippen anzugießen. Die Dichtung könnte in derselben Weise geschehen, wie bei hydraulischen Pressen, und da ein Druck von 55 bis höchstens 60 Meter Wassersäule, wie er hier stattfinden würde, nicht über das Maß des Gewöhnlichen hinausgeht, so dürfte das Rohr gegen das Eindringen des Wassers vollkommen geschützt sein.

Die fertig gearbeiteten Segmentstücke des demnächst anzusetzenden Ringes werden auf einer Schienenbahn vom Ufer aus nach der Kammer gebracht, wo man fünf derselben in gehöriger Weise mit einander und mit dem Ende des fertigen Rohrstücks verbindet. Das sechste Segment aber kann jetzt nicht eingefügt werden, weil es nach innen konisch geformt ist, vielmehr muß man es von vorn her einschieben und zu dem Zwecke zunächst die Kammer um die Länge eines Ringes weiter vorwärts schieben. Dies geschieht durch hydraulische Pressen, die sich einerseits gegen das fertige Rohrstück, andererseits gegen den Kammerdeckel stützen. Ist die Verschiebung erfolgt, so kann das letzte Segment des in Arbeit befindlichen Ringes eingeschoben werden und man verschreitet dann zur Zusammensetzung der fünf ersten Segmente des nächsten Ringes.

Durch besondere, mittels Wasserkraft getriebene Hilfsmaschinen wird jedes der 200 Centner schweren Segmentstücke in die richtige Lage und genau an die Stelle, wo es befestigt werden soll, gebracht.

Bei regelmäßigem Betriebe soll die Arbeit täglich um 30 Meter vorrücken, so daß man in etwa 3 Jahren von einer Küste bis zur andern gelangen würde. Wegen der ziemlich zeitraubenden Vorbereitungen und in Berücksichtigung, daß manche Störungen während der Arbeit vorkommen dürften, möchte die Dauer der Arbeit wohl mindestens doppelt so lang zu veranschlagen sein.

Während des Baues wird der vordere Theil des Rohres durch die Kammer, die mit ihrem Boden auf dem Meeresgrunde ruht, getragen. Um aber auch dann, wenn nach Fortschiebung der Kammer diese Stütze wegfällt, den fertigen Partien eine feste Lage zu verschaffen, soll ihnen ein sicherer Halt

durch Schraubenpfähle verschafft werden, die durch Stopfbüchsen der Rohrwand hindurch und je nach Umständen 3,4 bis 15 Meter tief in den Boden gehen. Mittels geeigneter Maschinen werden diese Pfähle, und zwar je zwei und zwei in einem Winkel von 30°, von innen nach außen eingeschraubt.

Nach vollständiger Auslegung des Rohres soll dann der Raum im innern Umfange der Röhre zwischen den Flanschen ausgemauert, mit einer Cementschicht bedeckt und dann mit Eisenblech überzogen werden, so daß eine Oberfläche von 4 Meter Lichtmaß entsteht. Nur die Bleidichtungen sollen frei bleiben, damit sie im Fall des Durchleckens von Wasser nachgestemmt werden können.

Der Betrieb der eingeleisigen Eisenbahn, die durch den Tunnel gelegt werden soll, dürfte am zweckmäßigsten nach dem pneumatischen Princip erfolgen: an den Fahrbetriebsmitteln sind Scheiben anzubringen, welche den ganzen Tunnelquerschnitt bis auf etwa 1/2 Zoll = 13 Millimeter Spielraum abschließen; auf der Vorderseite des Zuges wird die Luft bis etwa 120 Millimeter unter dem Druck der Atmosphäre verdünnt, auf der hintern Seite um ebensoviel verdichtet. Mit der Bewegung der Züge ist dann immer die Einführung frischer Luft verbunden, während die Verunreinigung der Luft durch Verbrennungsgase ganz vermieden wird. (Vergl. Jahrg. I. des Jahrb. S. 236 u. f.)

An welcher Stelle die Tunnelröhre zu versenken ist, haben die Schöpfer dieses Planes zwar nicht sicher angegegeben; am geeignetsten dürfte aber eine Stelle zwischen Dover und Cap Grisnez sein, wo nach den Admiralitätskarten eine sehr gleichmäßige Tiefe herrscht. An jedem Ufer, in einiger Entfernung vom Lande, würde durch einen Pfeiler die Lage der Röhre anzugeben sein, um sie auf diese Weise vor Beschädigungen durch Schiffsanker möglichst zu sichern.

Die Gesammtkosten werden auf 8 Millionen Pfd. Sterling = 53 1/3 Mill. Thaler veranschlagt, eine Summe, die sich freilich schwer verzinsen würde, da hierzu allein in 24 Stunden nicht weniger als 200,000 Centner Waare durch den Tunnel transportirt werden müßten.

Von Bateman und Revy selbst wird die Ausführbarkeit dieses Planes für ganz zweifellos erklärt. Dessen ungeachtet

stehen demselben manche nicht ungegründete Bedenken gegenüber. Vor allen Dingen dürfte die Auslegung des Rohres, ohne die Unebenheiten des Meeresgrundes sehen zu können, ziemlich gefährlich sein. Zwar sind die hydraulischen Pressen so stark angenommen, daß sie die Kammer durch Schlammanhäufungen und Gerölle, ja selbst durch eine etwa ein Meter starke Kreidebank hindurchtreiben sollen, allein bei festen Felsmassen könnte doch leicht ein Bruch der Apparate und selbst ein ernstlicherer Unfall eintreten. Auch die Unterstützung der Röhre durch Schraubenpfähle, die auf felsigem Grunde schwer anwendbar sein dürften, ist nicht ohne Bedenken. Bei hohler Lage des Rohres können die dadurch erzeugten Spannungen in Verbindung mit dem beträchtlichen Wasserdruck leicht einen Bruch und damit den gänzlichen Untergang des Werkes veranlassen.

Bedeutend mehr Aussicht auf Erfolg hat das Project von John Hawkshaw, J. Brunlees und W. Low, welches dahin geht, einen Tunnel unter der Sohle des Aermelcanales zu graben und durch denselben eine zweigleisige Eisenbahn zu legen. William Low, französischer Bergwerksingenieur, legte bereits im Jahre 1867 dem Kaiser der Franzosen einen fertigen Plan zu einem derartigen Tunnel vor, welcher durch den untern grauen Kalk gehen sollte, der zu beiden Seiten der Straße von Calais in der Tiefe gefunden wird und, nach der Lage seiner Schichten zu schließen, sich unter dem Canale hin fortsetzt. Dieses Gestein hat außerdem alle für den angedeuteten Zweck wünschenswerthen Eigenschaften. Da der Plan den Beifall des Kaisers fand, so wurde ein Comité aus den oben genannten drei Ingenieuren und Paulin Talabot, Michel Chevalier und Thomé de Gamond gebildet, um die Sache reiflicher zu prüfen. Hawkshaw hatte schon früher eingehende geologische Studien über die Gesteinbeschaffenheit an den Ufern des Canals und unter demselben angestellt, die jetzt mit erneuten Kräften fortgesetzt wurden und zu dem Ergebniß führten, daß von dem einen Ufer bis zum andern Kalkschichten streichen, zu oberst weißer, Feuerstein führender, darunter grauer Kalk; daß ein Tunnel durch die oberen Schichten nicht rathsam sei, einmal wegen der Gefahr eines Durchbruches des Meeres, dann wegen der großen Menge süßen Wassers, die man in dem weißen Kalke trifft; daß dagegen durch den untern Kalk ein Tunnel möglich

sei. Der definitive Plan geht nun dahin, den Tunnel 70 bis 80 Meter unter dem Meeresspiegel zu bauen, ihn mit 91 Centimeter starker Mauerung auszukleiden, mit zwei Schienengeleisen zu versehen und zwischen letzteren noch einen Entwässerungscanal für etwa durchschwitzendes Wasser anzubringen. Die Bahn würde auf englischer Seite sich an die London-Chatham-Dover Eisenbahn und an die gleichfalls nach Dover gehende South Eastern Bahn anschließen, zuerst im Verhältniß 1:60 fallen und in der Nähe der Küste den tiefsten Punkt erreichen, dann aber zum Zwecke einer bessern Entwässerung bis zur Mitte des Canals im Verhältniß 1:5280 steigen, nach französischer Seite in demselben Verhältniß fallen und zuletzt wieder im Verhältnisse 1:60 aufsteigen, um den Anschluß an die französischen Bahnen nach Calais und Boulogne zu gewinnen. Die ganze Länge dieser englisch-französischen Verbindungsbahn würde 52,5 Kilom. betragen, wovon 5,25 Kilom. Tunnel unter dem Lande, 35 Kilom. unter dem Canale liegen. Zur Ausführung des Baues sollen an beiden Ufern ganz in der Nähe der Küste Schächte bis in den grauen Kalk abgeteuft werden, und von jedem dieser beiden Schächte aus würden dann zwei parallele Stollen zu treiben sein, die, mit der Außenkante etwa 10 Meter von einander entfernt, beide in das Profil des projectirten Tunnels fallen. Die Scheidewand zwischen beiden Stollen würde, um eine gute Ventilation zu ermöglichen, in passenden Zwischenräumen zu durchbrechen sein.

Die Kosten werden auf 10 Mill. Pfd. Sterling $=66^2/_3$ Mill. Thlr. veranschlagt, wovon 13 Mill. auf den Versuchsstollen kommen; als Bauzeit rechnet man 9 bis 10 Jahre.

Nach einem älteren, im Jahre 1865 von George Remington veröffentlichten Projecte sollte ein Tunnel zwischen Dungeneß und Cap Grisnez, aber nicht durch den grauen Kalk, sondern durch die unter demselben liegende Wealdenformation getrieben werden.

Von neueren Tunnelprojecten ist noch das im Jahre 1869 von Ernest Martin und Gilbert le Gay veröffentlichte zu erwähnen. Dasselbe bezweckt zunächst die Herstellung eines künstlichen Felsens auf dem Meeresgrunde, durch den dann der Tunnel getrieben werden kann. Nachdem zunächst ein hin-

länglich breiter Strich des Meeresbodens planirt worden ist, sollen große, oben und an den Stirnseiten offene, eiserne Kästen versenkt werden, welche die einzelnen Abschnitte eines etwa 7 Meter weiten Tunnelrohres enthalten. Der Zwischenraum zwischen dem Rohr und der Kastenwand wird mit Beton ausgeschüttet, ebenso kommt über das Rohr noch eine Betonschicht und endlich wird das Ganze mit einer mächtigen, nach beiden Seiten hin sich abdachenden Schicht Steinschlag bedeckt, so daß ein Grat von ungefähr dreieckigem Querschnitt gebildet wird.

Um die einzelnen Rohrabschnitte zu verlegen, sollen längs der ganzen Tunnelstrecke zwei um die Breite der Kästen von einander entfernte Drahtseile gezogen und an den Ufern mit den nöthigen Spannungen verankert werden. An jeder Seite eines Kastens befinden sich zwei Schellen, in welche die Seile, nachdem sie auf das die Auslegung besorgende Fahrzeug aufgewunden worden, sich einziehen lassen, so daß der Kasten nun mit Leichtigkeit auf ihnen entlang gleiten kann. Mittels zweier am Rohrstück angebrachter Seile wird dann der Kasten an den Ort seiner Bestimmung geschleppt, wo er, möglichst genau an das schon ausgelegte Stück sich anschließend, versenkt wird. Die Schleppseile dienen dann zugleich zur Führung der Kästen, welche den Beton ausschütten.

Neben dem Tunnel selbst sind in Zwischenräumen Thürme aus je vier concentrischen mit einander verankerten Ringen herzustellen, welche durch Zweigrohre mit dem Tunnel verbunden sind. Diese Thürme sind ebenfalls an gespannten Drahtseilen zu versenken. Der äußerste und der dritte Zwischenraum zwischen diesen Ringen wird mit Beton ausgefüllt, der zweite bietet für eine Wendeltreppe Raum und der innerste Raum dient zur Ventilation des Tunnels, sowie zur Anbringung der Pumpen, welche etwaiges Sickerwasser aus dem Tunnel entfernen; auch das anfängliche Leerpumpen des Tunnels wird von diesen Thürmen aus bewirkt. Um dasselbe zu erleichtern und um auch etwaige Reparaturen besser ausführen zu können, sollen die den einzelnen Thürmen entsprechenden Abschnitte des Tunnels durch dichtschließende Thüren von einander abgesperrt werden. Die Thürme werden übrigens außen durch eine Steinschüttung geschützt.

Auch Ueberbrückungen des Canales sind vorgeschlagen worden und insbesondere will Boutet eine solche aus nur neun Feldern mit je 3160 Meter Spannweite bestehende ausführen, um so die kostspieligen Pfeilerbauten auf ein Minimum zu reduciren.

Brückenbauten dürften indessen wohl am wenigsten Aussicht auf wirkliche Ausführung haben. Von der Ausführbarkeit einer festen Verbindung mittels eines Tunnels ist man im Allgemeinen überzeugt und nach den neuesten Zeitungsberichten steht der Bau eines solchen nach dem oben erwähnten Hawkshaw'schen Plane nahe bevor, nachdem die Regierungen von England und Frankreich sich dem Projecte geneigt gezeigt haben. Es soll sich nur noch um die Ertheilung der förmlichen Concession an eine zubildende Actiengesellschaft handeln. Schon vor dem deutsch-französischen Kriege wurde die Frage wegen Herstellung einer bessern Verbindung Englands mit dem Continente in England sehr lebhaft ventilirt, allein im Ganzen war man kühnen Tunnel- oder gar Brückenbauplänen abgeneigt, trotzdem daß man die Nothwendigkeit einer Verbesserung der jetzigen mangelhaften Trajectanstalten vollkommen einsah. Es fand damals den meisten Beifall ein Project von Fowler, Wilson und Abernethy. Zwischen Calais und Boulogne soll zu Andrecelles ein Hafen angelegt werden, der von dem bis 60 Meter sich erhebenden Cap Grisnez kräftigen Schutz gegen gefährliche Stürme erhalten und außerdem durch die kräftige Längsströmung bei rasch abfallender Tiefe gegen Versandung der Einfahrt gesichert sein würde. Der auf Cap Grisnez bereits vorhandene Leuchtthurm würde die Richtung von Dover nach Andrecelles sichern, da er, wenigstens bei gutem Wetter auf der ganzen Ueberfahrt sichtbar ist. Ebenso würde auch in Dover eine neue Hafenanlage nöthig werden. Zur Ueberfahrt zwischen den neuen Häfen sollen große Dampfer von 137 M. Länge, 17 Meter Breite über Deck und 24 Meter über den Radkästen mit Maschinen von 1500 Pferdekräften dienen, von denen man hofft, daß sie auch bei stark bewegter See genügende Bequemlichkeit bieten und die Ueberfahrt in Zeit von kaum einer Stunde vollenden werden. In jedem der beiden Häfen soll eine große Halle von 43 M. Spannweite hergestellt werden, unter welche der Dampfer einläuft. Die aus zehn

bis zwölf Wagen bestehenden Eisenbahnzüge werden mittels hydraulischer Hebmaschinen auf das Schiff und beziehentlich von demselben herunter gehoben, was wegen der durch den Wechsel der Ebbe und Fluth erzeugten Niveauverschiedenheiten nothwendig ist. Diese Ueberführung des Zuges auf das Schiff und von letzterem auf das Hafengeleis soll auf die angedeutete Weise in wenigen Minuten ausführbar sein. Die ganze Reise von London nach Paris soll auf acht Stunden abgekürzt werden und es brauchen die Reisenden dabei ihr Coupé nicht zu verlassen.

Dies ist der Plan, welcher, mit einigen Modificationen, gegenwärtig in Ausführung begriffen ist.

Bosporus-Tunnel. Um Constantinopel mit dem asiatischen Ufer des Bosporus zu verbinden, soll ein Rohr von 3 Meter Durchmesser im Lichten, das aus zwei concentrischen, 20 Centimeter von einander abstehenden Röhren von 6,5 Millim. starkem Kesselblech besteht, in einer Tiefe von etwa 10 Meter unter dem Wasserspiegel, also so daß die Schifffahrt nicht gehemmt wird, angebracht werden. Die ganze Länge dieses Tunnels soll 365 Meter betragen. Beide Röhren sollen entweder von einander abgesteift oder durch eine Holzfütterung getrennt werden. Das Gewicht der Eisenröhren wird zu 12,000 Centner, das der Fütterung und Ausfüllung auf der Sohle zu 34,000 Centner, das größte Gewicht eines durchgehenden Zuges aber zu 8000 Centner veranschlagt, während der hydrostatische Auftrieb 54,000 Centner betragen soll. Da hiernach der Auftrieb größer ist, als das Gewicht des Rohres in unbelastetem Zustande, so muß das letztere durch eine Anzahl fest geankerter Ketten am Meeresgrunde niedergehalten werden, während auch die höchste zulässige Belastung noch keine Senkung veranlaßt.

Wie es heißt, hat eine englisch-türkische Compagnie sich zur Realisirung dieses Planes gebildet.

Tunnel unter der Meerenge von Messina. Der italienische Ingenieur Carlo Navona hat in einem besondern Schriftchen den Plan zu einem Tunnel entwickelt, der durch die unterhalb der Meerenge von Messina liegenden festen Felsmassen geführt werden, einen Durchmesser von 9 Meter bei einer Länge von 8500 Meter haben und die sicilischen

Bahnen mit dem Eisenbahnnetz der italienischen Halbinsel verbinden soll. Die Kosten werden mit Einschluß der Verbindungsbahnen nach Messina und Reggio zu 37,620,000 Lire = 10,032,000 Thaler veranschlagt.

Der große Wassertunnel unter dem Michiganfee. Ein ebenso großartiger als interessanter Bau ist der vier engl. Meilen lange, unter dem Michiganfee gebaute Tunnel, welcher die Stadt Chicago mit frischem Wasser versorgt. Bei dem großartigen Wachsthum dieser Stadt, die im Laufe von nicht ganz vierzig Jahren aus einem Lager wilder Thiere zu einem der bedeutendsten Emporien der Welt herangewachsen ist, *) wurde die Versorgung mit frischem, reinem Wasser immer schwieriger, da das helle klare Wasser des Michiganfees auf weite Strecken am Ufer hin durch die aus den Schleußen der Stadt ausströmenden Verunreinigungen vergiftet wird. Es wurde daher beschlossen reines Wasser aus den Tiefen des mittleren Sees unter dem Boden des letzteren nach der Stadt zu leiten und zu dem Zwecke einen Tunnel in dem unter dem See sich hinziehenden ziemlich harten blauen Thone zu treiben. Im October 1863 unternahmen James Gowan und James J. Dall in Harrisburgh die Ausführung des Werkes, welches bald darauf von beiden Enden aus, vom Seeende und Uferende aus, in Angriff genommen wurde.

Um im See selbst, etwa 2 Meilen vom Ufer entfernt, einen Schacht bis zur Tiefe der Tunnelsohle abteufen zu können, wurde am Ufer ein großer Holzpfeiler zusammengesetzt und dann an den Ort seiner Bestimmung geschafft. Derselbe war 40 Fuß (engl., 1 Fuß = 0,3047 Meter) tief, 5seitig und hatte 290 Fuß Umfang; seine Kanten waren mit $2\frac{1}{2}$ Zoll dickem Eisen beschlagen. Er bestand aus drei hinter einander befindlichen, aus 12 Zoll dickem Bauholz gezimmerten und gut kalfaterten Wänden, die nach allen Richtungen so durch Eisen- und Holzconstruction mit einander verbunden

---

*) Im Jahre 1830 war die Stadt noch nicht vorhanden und bis 1833 stand an der Stelle des spätern Chicago nur ein Fort; 1840 zählte die junge Stadt 4470 Einwohner, aber 1853 schon 60,656, 1868: 267,596.

waren, daß die Festigkeit des Ganzen möglichst bedeutend war. Die Zwischenräume zwischen den Wänden besaßen 15 Fuß Breite und hatten 15 Abtheilungen, welche man, nachdem der Pfeiler an seinen richtigen Ort gebracht, mit Steinen füllte, wodurch derselbe zum Sinken gebracht wurde. Die Versenkung geschah im Jahre 1865 an einer 35 Fuß tiefen Stelle, so daß der Pfeiler noch 5 Fuß über die Wasserfläche emporragte. Derselbe kostete 100,000 Dollars und enthielt 618,625 Cubikfuß Holz, 1300 Centner Eisen und 400 Ballen Kalfaterwerg. Durch Taue, die nach allen Richtungen hin gegen starke, 10 Fuß in den Seeboden eingelassene Schrauben ausgespannt waren, wurde er fest verankert.

Um nun durch diesen Pfeiler einen wasserdichten Schacht zu treiben und denselben noch bis in eine Tiefe von 30 Fuß unter dem Boden des Sees fortzusetzen, wurden 7 eiserne, je 300 Centner schwere Cylinder von 9 Fuß Länge, 9 Fuß Durchmesser und 2½ Zoll Wandstärke gegossen und zunächst der eine davon in dem mittleren, leer gelassenen Raume des Pfeilers, der 25 Fuß Durchmesser hatte, aufgehängt. Dann wurde ein zweiter fest und wasserdicht auf den ersten gestellt und beide niedergelassen, hierauf wurde der dritte in gleicher Weise darauf befestigt u. s. f., bis der ganze Röhrenschacht von 65 Fuß Höhe auf der Sohle des Bodens aufruhte. Nun wurde das Wasser ausgepumpt, der Schacht durch einen Deckel luftdicht verschlossen und dann mit einer durch Dampfkraft getriebenen Maschine die Luft ausgepumpt. Durch die vereinigten Wirkungen seines Gewichtes und des Druckes der äußern Luft wurde der Schacht allmälig mehr und mehr in den Boden eingetrieben, bis er endlich feststand. Nunmehr wurde derselbe in gewöhnlicher Weise bis zur Tunneltiefe abgeteuft. Die losen Steingerölle wurden dann nach und nach aus den einzelnen Kammern des Holzpfeilers herausgenommen und durch massives Mauerwerk mit hydraulischem Cement ersetzt und über dem ganzen Bau erhob sich ein Leuchtthurm.

Am Ufer trieb man einen ähnlichen Röhrenschacht, wie im See, aber nur aus drei Röhren bestehend; darunter nahm man den Boden weg und ließ die Röhre allmälig tiefer nachsinken, bis man in den blauen Thon kam. Nunmehr verengte man den Schacht auf 8 Fuß Durchmesser, teufte ihn

bis 77 Fuß Tiefe ab und mauerte ihn aus. Man trieb diesen Schacht 4 Fuß tiefer als den im See befindlichen, um auf diese Weise dem Tunnel für je eine engl. Meile einen Fuß Fall zu verschaffen.

Das Verfahren zur Ausführung des Tunnels selbst war im Ganzen einfach. Der Streckenbetrieb begann von der Landseite aus am 17. März 1864, von der Seeseite erst später. Von jedem Schachte aus wurde in dem fertigen Theile des Tunnels eine kleine Eisenbahn mit Weichen für die einander begegnenden Förderzüge bis vor Ort angelegt, auf welcher von Maulthieren gezogene Wagen die gewonnenen Gesteinsmassen nach dem Schachte und von da Bausteine und Cement vor Ort führten. Beim Streckenbetrieb waren 3 Häuer angelegt, der eine ging in der Mitte des Tunnels mit 2½ Fuß Breite vor, der zweite nahm die übrige Breite und der dritte gab die genaue Gestalt und Größe des Querschnittes, zwei andere Arbeiter füllten die Fördermasse in die Wagen, während die Maurer den Häuern bis auf einige Fuß nachfolgten. Im Ganzen waren 125 Mann in drei achtstündigen Schichten beschäftigt. Durch besondere Maschinen wurde fortwährend frische Luft eingeführt. Beim Zusammentreffen der beiden Strecken fand sich eine Uebereinstimmung bis auf 9½ Zoll in den Ulmen und auf 1 Zoll in der Sohle. Der Querschnitt des Tunnels ist nahezu kreisförmig, seine Breite beträgt 5 Fuß, die Höhe 5 Fuß 2 Zoll. Er ist mit Ziegelsteinen und Cement ausgemauert und enthält zusammen mit den Uferschacht 5 Millionen Ziegel.

Das Wasser wird in den Seeschacht an drei verschiedenen Stellen eingelassen, in 5, 10 und 15 Fuß Höhe über dem Seegrunde, und es können alle drei Zuflußöffnungen unabhängig von einander geöffnet und geschlossen werden.

Tunnelbauten in Newyork. Aehnlich wie in London hat auch in Newyork*) der Verkehr immer größere Dimensionen angenommen, und nachdem bereits alle größeren Straßen sich mit einem Netz von Schienengleisen bedeckt haben, die theils von Lokomotiven, theils von mit Pferden bespannten

*) Die Einwohnerzahl beträgt nach dem diesjährigen Census 942,337.

Omnibus befahren werden, hat man daran gedacht, unterirdische sowie auch in der Höhe liegende Eisenbahnen zu bauen. Insbesondere wurde projectirt, unter den Broadway einen Tunnel zu graben und darin eine Eisenbahn für pneumatischen Betrieb einzurichten. Zu dem Zwecke wurde eine kleine Strecke des Tunnels mit dem pneumatischen Betrieb fertig gestellt, um das Publikum mit der ganzen Einrichtung vertraut zu machen. Vor der Hand scheint allerdings das System der oberirdischen Eisenbahnen, nämlich Bahnen, welche auf eisernen Säulen ruhen, den Sieg davon getragen zu haben, immerhin aber erscheint jene Tunnelanlage in mehrfacher Hinsicht so interessant, daß wir einen kurzen Auszug eines Berichtes von H. Mohr darüber nachstehend folgen lassen.

Zum Bau des erwähnten Versuchstunnels bediente man sich einer von E. A. Beach construirten Vorrichtung. Beim Absenken von Brunnenschächten läßt man oft das Mauerwerk durch sein eignes Gewicht immer tiefer sinken, gerade so wie es oben im Bezug auf die eisernen Röhren beim Abteufen der beiden Endschächte des Michigansee-Tunnels erwähnt worden ist (bei denen allerdings noch der Luftdruck mitwirkte). Statt dessen wurde nun beim Treiben dieses Tunnels ein kräftig gebautes cylindrisches Gerüst von 2,84 Meter Durchmesser mittels hydraulischer Pressen vorwärts bewegt und dabei die Erde fortwährend aus dem Innern desselben weggeschafft. Dieses Gerüst selbst war aus zwei starken gußeisernen Ringen mit einem dazwischen liegenden hölzernen Ringe zusammengesetzt, die durch Bolzen mit einander verschraubt waren. In den vordersten Ring war ein Fachwerk aus Holz eingesetzt, dessen Schneiden, um ein besseres Eindringen in das Erdreich zu ermöglichen, mit Eisen armirt waren. Der hintere Eisenring war mit einem 3 Millim. starken Mantel von Eisenblech bekleidet, der noch 70 Centimeter weiter zurückragte und so noch einen Theil des hinter den Gerüste gleich fertig gemachten Mauerwerkes umgab, wodurch das Eindringen von Erde verhütet wurde. In dem hinteren Eisenringe waren ferner 18 hydraulische Preßcylinder (Durchmesser der Preßkolben 58 Millim., Hub 410 Millim.) angebracht, deren Kolben gegen die fertige Mauerung wirkten und dadurch das ganze Gerüst vorwärts schoben. Zur bessern Vertheilung des Druckes

(zusammen ca. 120 Tonnen) auf das Mauerwerk war zwischen diesem und dem Gerüst noch ein Holzring eingeschaltet, dessen beide Seiten mit 10 Millim. starkem Eisenblech beschlagen waren.

Die Arbeit mit dieser Tunnelbohrmaschine war sehr einfach. Zwei Männer arbeiteten an der in dem mittleren Holzringe aufgestellten Pumpe für die hydraulischen Pressen, zwei waren vorn beschäftigt, die Erde durch Eintreiben von Eisenstangen zu lockern, zwei weitere schafften die losgebrochene Erde fort. Wenn das Gerüst um 410 Millim. vorgerückt war, so wurden die Preßkolben zurückgedrängt, der an dem alten Mauerwerk anliegende Holzring wurde nachgeschoben und man führte nun 410 Millim. neues Mauerwerk aus, worauf die frühere Operation widerholt wurde. Auf diese Weise ließ sich bei geradlinigem Vorwärtsschreiten — allerdings in lockerem Sandboden — bei ununterbrochener Arbeit täglich eine Strecke von 1,23 Meter fertigen Tunnels von 2,43 M. innerem und 2,84 M. äußerem Durchmesser herstellen.

Der Detroit-Tunnel. Die Michigan-Central- und die Great Western-Eisenbahngesellschaft haben beschlossen, von der Stadt Detroit aus einen Tunnel unter der Wasserstraße gleiches Namens hinweg nach Canada anzulegen. Der Detroit-Fluß, welcher den St. Claire-See mit dem Erie-See verbindet, ist nicht breiter, als eine halbe englische Meile, und insofern wäre eine Ueberbrückung an sich nicht unstatthaft. Allein bei der Lebhaftigkeit des Verkehrs, welcher auf dem Flusse herrscht, würde eine Drehbrücke nicht passend, eine Hängebrücke aber, unter welcher die hohen Schiffsmasten durchgehen, würde zu kostspielig sein.

Der projectirte Bau soll aus zwei parallelen, 50 Fuß von einander entfernten Tunneln von kreisförmigem Querschnitt und 18½ Fuß lichter Weite bestehen, die ihrer ganzen Länge nach unter dem Flusse mit 2 Fuß starker Mauerung versehen werden sollen. Unter dem Flusse soll eine Strecke von 1000 Fuß ganz horizontal laufen, die Anschlußtunnel an beiden Enden aber werden im Verhältniß 1:50 aufsteigen. In der Mitte zwischen beiden Eisenbahntunnels, aber bedeutend tiefer, soll ein kleiner Entwässerungstunnel von 5 Fuß Durchmesser angelegt werden.

Die gesammte Länge vom Detroit- bis zum Canada-Portal des Tunnels beträgt 8568 Fuß.

An jeder Seite des Flusses soll ein Arbeitsschacht von 10 Fuß Durchmesser abgeteuft werden, von welchem aus Querschläge von 9 Fuß Weite nach den zwei Tunneln gehen sollten, die von hier aus in Angriff genommen werden. Man hofft das Werk ohne andere Hilfsschächte im Flusse in 2 Jahren vollenden zu können.

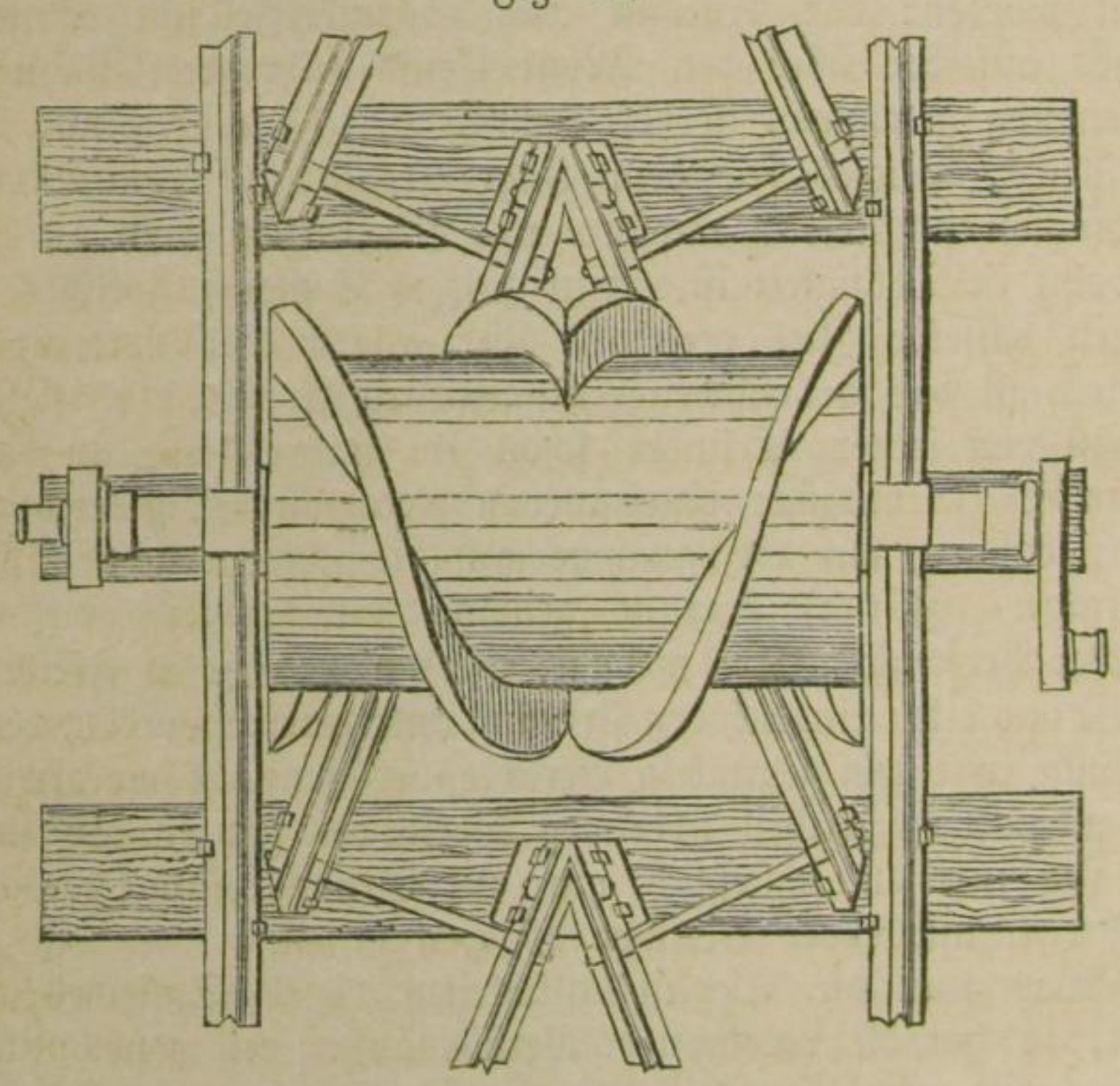
Eisenbahnen.

Wetli's Eisenbahnsystem für starke Steigungen. Schon in früheren Jahrgängen dieses Jahrbuches sind zwei Eisenbahnsysteme für Gebirgsbahnen wiederholt erwähnt worden: das eine ist das Séguier-Fell'sche System, welches auf der über den Mont-Cenis führenden Bahn in Anwendung gekommen ist (II. Jahrg. S. 173 u. f.), und das Marsh'sche, welches seit dem Jahre 1866 auf dem Mount Washington in New-Hampshire und seit kurzem auch auf der Rigibahn in Thätigkeit ist. Ein drittes System, welches im Ganzen dasselbe Ziel verfolgt, aber allgemeiner verwendbar sein soll, ist das des schweizer Ingenieurs C. Wetli. Dasselbe ist von seinem Erfinder schon im Jahre 1868 in einer Broschüre (Grundzüge eines neuen Locomotiv-Systemes für Gebirgsbahnen, mit Bezugnahme auf die schweizerische Alpenbahnfrage. Zürich) bekannt gemacht und später von den Züricher Professoren Culmann, Zeuner (jetzt in Freiberg) und Veith einer eingehenden Prüfung unterworfen worden, deren Ergebniß in einem gedruckten Berichte veröffentlicht worden ist. Ein endgültiges Urtheil über den Werth des ganzen Systemes wird sich indessen schließlich nur auf Grund kostspieliger, im Großen anzustellender Versuche abgeben lassen.

Was nun die Eigenthümlichkeiten dieses Systemes anlangt, so hat die Locomotive Wetli's außer den gewöhnlichen Rädern mit geschlossenen Felgen, welche auf den Fahrschienen laufen, noch Räder mit offenen spiralförmigen Felgen, welche nicht zum Tragen, sondern nur zur Bewegung bestimmt sind. Diese sogenannten „Spiralräder" sind entweder mit den Treibrädern gekuppelt, oder sie werden von besondern Dampfcylindern aus in Bewegung versetzt. Die Fahrschienen haben die gewöhnlichen, sonst bei Eisenbahnen üblichen Formen und

Dimensionen. Zwischen ihnen liegen aber besondere Leitschienen, die in schräger Lage quer angebracht sind, so daß sie die Hypotenusen rechtwinkliger Dreiecke bilden, deren längere Kathete ein Stück der Fahrschiene ist. Gegen diese Leitschienen stützen sich die rechts und links gewundenen Spiralen der Spiralräder, wie dies durch die Skizze Fig. 42 in der Ansicht von oben angedeutet wird. Die Leitschienen müssen sich übrigens etwas übergreifen, so daß die Spiralräder schon auf dem nächsten Schienenpaar zu rollen beginnen, bevor sie das vorhergehende verlassen haben. Sonst würde die Locomotive bei bedeutenden Steigungen sofort zu gleiten anfangen.

Fig. 42.



Wetli hat auf Grund der Versuche, die er mit einem kleinen Modell seines Systemes angestellt hat, folgende Vorzüge desselben angegeben: die Wagen gewöhnlicher Bahnen können auf das neue Bahnsystem übergehen und die Locomotiven des letzteren können auf gewöhnlichen Bahnen laufen; die Leistungsfähigkeit der Locomotiven wird in der Weise er-

weitert, daß die Zugkraft auf Kosten der Geschwindigkeit außerordentlich vergrößert werden kann, so daß gewöhnliche Züge von schwach geneigten Bahnen auf starke Neigungen von $^1/_{20}$ bis $^1/_{15}$ mit reducirter Geschwindigkeit übergehen können; die Betriebskosten wachsen in viel geringerem Grade mit der Steigung der Bahn als nach bisherigem Systeme, Steigungen von 4—5 Proc. sollen keine größeren Kosten verursachen, als Steigungen einer gewöhnlichen Bahn von 2,5 Proc.; die Abnutzung des Materiales soll verhältnißmäßig geringer sein, die Sicherheit des Betriebes endlich auch bei bedeutenden Steigungen nicht beeinträchtigt werden.

Schwebende Eisenbahnen. Eine eigenthümliche Eisenbahn hat vor einiger Zeit Fell zwischen den Park-Eisensteingruben und der Furneß-Eisenbahn in Nord Lancashire angelegt. Die in 8 Zoll Abstand neben einander laufenden Schienenstränge werden nämlich durch vertikale Pfosten getragen, die je nach der Beschaffenheit des Bodens 3 bis 20 Fuß Höhe haben und durch Seitenstreben abgesteift sind. Die Schienen sind aus Stahl, ruhen aber nicht auf Stühlen, sondern sind seitwärts befestigt und ihre unteren Köpfe liegen gleichfalls frei. Die Wagen werden durch zwei Paar gewöhnliche, auf den Schienen laufende Räder getragen, sie hängen aber beiderseits noch über die Bahn herunter und unten sind noch zwei Paar horizontale Räder angebracht, welche gegen die unteren Schienenköpfe drücken, wodurch eine größere Sicherheit des Ganges erzielt wird. Die Bewegung der Züge auf dieser nur eine engl. Meile langen Bahn erfolgt durch eine stationäre Dampfmaschine mittels Seil ohne Ende. Die Anlage wird als sehr billig bezeichnet, die Herstellungskosten betragen 1000 Pfd. Sterling = 6666$^2/_3$ Thlr.

Eine andere Art schwebender Eisenbahnen für die Straßen volkreicher Städte hat J. M. Hannahs in Newyork in Vorschlag gebracht. Damit die Bahn ohne den Verkehr zu stören oberhalb der Fahrstraße hinlaufen kann, wird sie von eisernen Säulen getragen, die entweder, bei hinlänglich breiten Straßen, in der Mitte, oder, bei engeren, paarweise an den Seiten des Fußweges stehen und durch eiserne Bogen mit einander verbunden sind. Auf den querüberlaufenden Eisenträgern, die auf diesen Säulen oder Bogen angebracht sind, ruhen

dann vier der Länge nach laufende Eisenblechträger, nämlich an jeder Seite einer und zwei neben einander in der Mitte, so daß zwei Fahrbahnen zwischen diesen Trägern entstehen. Dieselben sind durch Querträger verbunden, auf denen die aus Eichenholz bestehende Fahrbahn ruht, welche die beiden Schienengeleise trägt. Hannahs selbst hat sein Project mit Rücksicht auf das Bedürfniß von Newyork entworfen, wo man mit dem Bau solcher oder ähnlicher Bahnen in den Straßen umgeht. Der Betrieb soll durch kleine Locomotiven erfolgen.

Die Festiniog-Eisenbahn. Für die Zweckmäßigkeit schmalspuriger Eisenbahnen bei übrigens entsprechender Anlage legt die Festiniog-Eisenbahn in Wales ein sprechendes Zeugniß ab. Dieselbe verbindet die berühmten Schieferbrüche von Festiniog mit der Küste und hat mit allen Zweigbahnen eine Länge von 22,8 Kilometer; die Station Festiniog liegt 213 Meter oberhalb der andern Endstation Portmadoc, und diese Höhe wird auf eine Länge von 12 engl. Meilen = 19,2 Kilometer erreicht, was eine mittlere Steigung von 1:92 giebt; die größte Steigung ist 1:60. Die Spurweite beträgt blos 2 Fuß engl. = 0,61 Meter während normale Spurweite in England und auf den Continente 4 Fuß 8½ Zoll engl. = 1,435 Meter ist; die Schienen liegen in gußeisernen Stühlen auf Kiefernschwellen und wiegen 24 Kilogramm pro Meter. Dabei kommen Curven von 35,36 Meter Radius vor, ohne daß die Ueberhöhung der Schienen 75 Millimeter übersteigt. Und auf dieser ungemein engen Bahn und durch Curven, welche man mit Recht als Ecken bezeichnen kann, fahren Personenzüge mit einer mittlern Geschwindigkeit von 12 engl. Meilen (2½ deutsche Meilen oder 19,2 Kilom.) in der Stunde; stellenweise aber beträgt die wirkliche Geschwindigkeit 30 engl. = 6,3 deutsche Meilen (47¼ Kilometer), ohne daß in dem länger als siebenjährigem Betriebe außergewöhnliche Unglücksfälle vorgekommen wären.

Die Kronenbreite und lichte Weite der Einschnitte betragen 2,44 Meter; die beiden Tunnels von 54,86 und 667,5 Meter Länge bieten eben nur für Wagen und Locomotive Platz zum Durchfahren, die Brustwälle mit 1:6 Böschung sind oft 50 Fuß = 15,24 M. hoch und dabei stark gekrümmt.

Ursprünglich, vor mehr als dreißig Jahren, war die

Bahn nur für den Transport des Schiefers aus den Brüchen in Dinas nach den kleinen Häfen an der Küste und zur Versorgung der Brüche mit Kohlen bestimmt. Bis zum Jahre 1863 wurden die Wagen bergan von Pferden gezogen, welche bei der Thalfahrt mit aufgeladen wurden. Seit 1863 wendet man Locomotiven an. Dann nahm man versuchsweise und unentgeldlich Passagiere mit, bis endlich ein regelmäßiger Personenbetrieb mit täglich 5 Zügen in jeder Richtung eingerichtet wurde. Gegenwärtig werden jährlich 97000 Personen, 2 1/3 Mill. Centner Schiefer und 1/3 Millionen Centner Güter befördert.

Es giebt drei Classen von Personenwagen. Die Wagen erster Classe haben 1,52 Meter Höhe in der Mitte, 2,90 M. Kastenlänge und 1,91 M. Breite und enthalten 12 Plätze; Raddurchmesser 457 Millim., Radstand 1,22 M., Gewicht des Wagens 30 Ctr. Die Räder sind mit Evolutenfedern versehen, die Buffer in der Mitte angebracht.

Für den Schiefertransport hat man kleine Wagen von 40 Ctr. Tragfähigkeit und 13 Ctr. Gewicht, sowie auch größere von 60 Ctr. Tragfähigkeit, 17 Ctr. Gewicht, 1,83 M. innerer Länge, 0,89 M. Breite, 0,46 M. Tiefe, ebensoviel Raddurchmesser und 0,96 M. Radstand. Außerdem sind noch gedeckte Güterwagen, Langholzwagen und Kohlenwagen von 70 Ctr. Tragfähigkeit vorhanden.

Die älteren Locomotiven, sechs an der Zahl, haben 4 gekuppelte Räder von 0,61 M. Durchmesser, 1,52 M. Radstand, außenliegende Cylinder von 203 Millim. Durchmesser und 305 Millim. Hub, wiegen im dienstfähigen Zustande 150 Ctr. und ziehen, mit Ausschluß ihres eignen und des Tendergewichts, 1000 Ctr. Bruttolast. Das Wasser wird theils im Tender, theils in einen um den Tender angebrachten Reservoir mitgeführt.

Neuerdings ist noch eine siebente Locomotive „The Little Wonder", nach dem Fairlie'schen Systeme gebaut, in Anwendung gekommen. Die Eigenthümlichkeit des Fairlie'schen Locomotivsystemes besteht in zwei „Bogies" oder drehbaren Gestellen, mit je 4, 6 oder mehr gekuppelten Rädern, auf denen ein doppelter Locomotivkessel derart aufruht, daß jede Bogie sich ungehindert drehen kann. In der Mitte hat der Kessel zwei getrennte Feuerkästen und an den beiden Enden die

Rauchkammern und Schornsteine. Auf jeder Bogie befinden sich zwei horizontale oder wenig geneigte Cylinder nebst dem Mechanismus für die Dampfvertheilung und die Kuppelung sämmtlicher Räder. Die Heftigkeit der auf den Kessel übertragenen Stöße wird durch eine starke Lage Kautschuk gemildert; außerdem ruht auch das Gestell noch auf Federn, die auf den Achsenlagern sitzen. Wasser und Kohlen führt die Maschine selbst mit sich, was das Adhäsionsgewicht noch vermehrt.

Auf Originalität der Erfindung kann allerdings dieses System nicht Anspruch machen, da alle Eigenthümlichkeiten desselben sich schon an der im Anfang der 50er Jahre von J. Cockerill für die Semmeringbahn gebauten Locomotive „Seraing" finden, nur daß diese auch einen Tender hat; auch der französische Ingenieur Thouvenot hat 1865 eine Gebirgslocomotive mit zwei drehbaren unabhängigen Gestellen und Mechanismen gebaut, die auch keinen Tender besitzt. Dagegen hat Fairlie die ganze Idee besser verwerthet und den verschiedenen Zwecken (für Vicinalbahnen, Alpenbahnen ꝛc.) angepaßt, und nach den in Amerika sowie in England sowohl auf gewöhnlicher Bahn, als auch auf der Festiniogbahn angestellten Versuchen dürften sich solche Locomotiven vorzüglich zum billigen Betriebe von Vicinalbahnen eignen.

Was die Locomotive „The Little Wonder" anlangt, so ist der Kessel aus 10 Millim. dickem Stahlblech construirt und hat 76 Centim. Durchmesser bei 2,29 M. Länge; die in der Mitte befindliche zweitheilige Feuerbuchse ist 1,83 M. lang 0,91 M. breit und 1,37 M. hoch. Die Rostfläche beträgt 1,02 Quadratmeter, die Heizfläche der Feuerbuchse 5,57 und die der Siederöhren 62,24 Quadratmeter. Die Zahl der Röhren im Kessel ist 208, ihr äußerer Durchmesser 38 Millim. Der Dampfdruck im Kessel beträgt 11,2 bis 14 Kilogr. Der Wasserbehälter faßt 408 Liter, der Kohlenbehälter 15 Ctr., die totale Länge der Maschine ist 8,23 M., ihr Gewicht bei der Abfahrt 400 Centner.

Drahtseilbahnen. Schon seit längerer Zeit hat man in Indien, Amerika, Australien und verschiedenen Bergwerksbezirken Europas allerhand Materialien über Flüsse und Schluchten mittels eines darüber gespannten Seiles geschafft. Die Art und Weise, wie ein gewisser Bradi in Süd-Tyrol

Holz aus den ihm gehörigen Waldungen über tiefe Terraineinschnitte an einem starken Eisendrahte thalwärts beförderte, gab auch einem Forstmanne, A. Hohenstein, Anlaß zur Erfindung einer ähnlichen, nur verbesserten Anordnung, die unter dem Namen „Drahtriese" seit 1859 mehrfach in Tyrol im Gebrauch ist und auch in technischen Journalen Erwähnung gefunden hat. Eine ausgedehntere Verwendung haben aber diese „Drahtriesen" nicht gefunden, da sie sich nur zur Beförderung von Last thalabwärts eignen.

Wesentlich davon verschieden sind die Drahtseilbahnen von H. Hodgson, die man als „Bahnen mit beweglichen Schienen" bezeichnen kann. Mittels dieser Bahnen lassen sich Lasten unter den verschiedensten Verhältnissen transportiren, und zwar auf Linien, welche Winkel bis zu 90° und Steigungen bis 1 : 8 zulassen; der Radius der Curven hat fast keine Grenzen.

Es mag dabei gleich erwähnt werden, daß der Bergassessor von Dücker seiner Angabe nach ähnlich construirte Seilbahnen schon 1861 zu Oeynhausen und Bochum construirt hat, während Hodgsons erste Anlage aus dem Jahre 1868 datirt.

Diese letztere, welche seit Dec. 1868 in Bardon-Hill unweit Leicester zum Transport von Steinen im Betriebe ist, wird folgendermaßen beschrieben.

Auf der Station von Bardon-Hill ist eine Maschine aufgestellt, welche die zur Macadamisirung der Landstraßen und namentlich der Straßen von London dienenden Steine klopft; denn Menschen zu dieser Arbeit zu verwenden, wird in England vermieden. Der Steinbruch, welcher die Steine für diese Maschine liefert, liegt 5 Kilometer und hundert und einige Meter von Bardon-Hill entfernt. Eine horizontale Rolle, welche durch eine Locomobile in Betrieb gesetzt wird und 1,2 Meter Durchmesser an ihrer Kehle hat, nimmt ein Kabel von Eisen- oder besser von Messingdraht auf. Dasselbe hat 16 Millimeter Durchmesser und besteht aus 4 Taulitzen. Dieses horizontale Kabel ist 10,200 Meter lang. Es läuft in einer Länge von 5100 Metern über eine zweite Rolle, welche ebenfalls 1,2 Meter Durchmesser hat, und durch die Bewegung des Drahtseils mit fortgerissen wird. Die beiden Rollen sind 8 bis 12 Meter über dem Erdboden erhaben, so daß das

Kabel stets in der Luft schwebt, indem es sich um die beiden Rollen dreht. In Entfernungen von je 50 bis 60 Metern wird dasselbe durch drehbare Rollen gestützt, die auf geeigneten Stützen ruhen. Am Steinbruche hängt man am Kabel Körbe oder kleine mit Steinen gefüllte Wagen (Hunde) auf, die durch die Lüfte bis Bardon-Hill geführt werden, wo ihr Inhalt in große, auf der Eisenbahn aufgestellte Karren entleert wird. Wo der Hund eine Unterstützungsrolle zu passiren hat, läuft er auf einer besondern Bahn vermöge der erlangten Geschwindigkeit daneben vorbei um dann wieder auf das Seil zu kommen und von demselben weiter geführt zu werden. Aehnliche Ausweichebahnen befinden sich auch an den Endpunkten. Der Berichterstatter bemerkt, daß er zu gleicher Zeit 180 kleine Wagen am Kabel in Bewegung gesehen hat, immer je zwei um etwa 60 Meter von einander entfernt. Davon waren 90 gefüllt und 90 leer. Das Gewicht eines solchen Wagens beträgt 22 Kilogr., die Ladung 44 Kilogr. Ein solcher kleiner Wagen brauchte zur Hin- und Herreise eine Stunde 13 Minuten und legte im Ganzen 10,20 Kilometer zurück. Eine Maschine von 6 Pferdekraft vermag 3900 Kilogr. in 10 Stunden zu befördern, und berechnet sich unter den ungünstigsten Verhältnissen der Transportpreis pr. Tonne und Kilometer mit Einschluß aller Kosten nicht höher als 8 Centimes; die Anlagekosten sollen nur 7500 Franken pr. Kilometer betragen.

Solcher Bahnen befinden sich bereits mehrere in England und Irland und nach einer Angabe im „Mechanics' Magazine" waren in der ersten Hälfte des laufenden Jahres in den verschiedensten Gegenden schon einige vierzig im Betrieb.

In Böhmen befinden sich zwei solcher Bahnen; die eine transportirt Torf aus den fürstl. Schwarzenbergischen Torfmooren der Domäne Gratzen nach der 4360 Meter entlegenen Station der Franz-Joseph-Bahn, die andere befindet sich auf der Domäne des Ritters von Horsky in Kolin und dient zum Transporte von Zuckerrüben in die Fabrik. Für diese letztere Verwendung sind, wie man vielseitig schon erkannt hat, die Drahtseilbahnen vorzüglich geeignet und sie dürften daher der Landwirthschaft noch gute Dienste leisten. Wo die Felder, die den Rübenbedarf liefern, nicht in der Nähe der Fabrik liegen, oder bereits so erschöpft sind, daß nach weiteren Bezugsquellen

gegriffen werden muß, um den ständigen Bedarf an Rohstoff zu decken, insbesondere bei größeren zusammengehörigen Ländercomplexen, wird das Bedürfniß nach einem Mittel zu rascher und billiger Beförderung der Rüben von den Feldern in die Fabrik und des fertigen Zuckers aus der Fabrik in den Bahnhof bis zur Verladung in die Waggons, wie die Drahtseilbahn es bietet, immer fühlbarer werden. Natürlich lassen sich bei einigermaßen geregeltem Betriebe auch die mannigfaltigsten Materialien für den Bedarf der Fabrik als Tour- und Retourfracht mit befördern.

In einem in der Wochenversammlung des deutschen polytechnischen Vereins in Böhmen gehaltenen Vortrage hob Henzel, Director der Maschinenfabrik in Bubna, von der die Anlage der beiden böhmischen Seilbahnen besorgt worden ist, hervor, daß man auf einer solchen Bahn durch eine einzige Locomobile Lasten von 2—10,000 Ctr. in 10 Arbeitsstunden mit einer Geschwindigkeit von 6—8 Fuß in der Sekunde befördern kann, wobei die ganze nothwendige Arbeitskraft sich auf 5 bis 6 Mann beschränkt und die Transportkosten einschließlich der Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitales, das nicht mehr als 40,000 Gulden per Meile beträgt, 4 Nkr. per Ctr. und Meile nicht übersteigen. Henzel hat übrigens die Hodgson'sche Einrichtung nicht unwesentlich verbessert, namentlich eine eigenthümliche Vorrichtung zum Spannen des Seiles angebracht.

In Spanien ist eine 15 engl. Meilen = 24 Kilom. lange Seilbahn in den Gebirgen Asturiens im Betriebe. In Indien wird eine solche zum Salztransport — im Pendschab — benutzt; in Peru und Brasilien hat man sie zum Transporte des Zuckerrohres gebaut und eine im vorigen Frühjahr (1871) in Nevada gebaute, der Ebertrard- und Aurora-Compagnie gehörige, wird sehr vortheilhaft zur Beförderung von Erz aus den Gruben verwendet.

Die Verwendung comprimirter Luft zum Maschinenbetrieb.

Wir haben früher beim Mont-Cenis-Tunnel die großartige und nützliche Verwendung kennen gelernt, welche man von der comprimirten Luft zum Maschinenbetrieb gemacht hat, und es ist zu erwarten, daß man in Zukunft öfters von dieser

Kraft Anwendung machen wird. Schon gegenwärtig benutzt man die Elasticität der zusammengedrückten Luft vielfach in Bergwerken zum Betriebe von Fördermaschinen, von kleinen Schrämm- und Bohrmaschinen ꝛc. und umgeht dadurch die Aufstellung von Dampfmaschinen, die an Ort und Stelle sich oft nicht würden anbringen lassen.

Diese Benutzung der comprimirten Luft ist noch nicht alt. Der französische Ingenieur Triger ist, wie es scheint, der Erste, welcher das Princip der Taucherglocke im Jahre 1839 zum Durchteufen schwimmender Massen versucht hat und später hat man mehrfach in Belgien und seit der Mitte der funfziger Jahre auch in der Rheinprovinz comprimirte Luft angewandt, um bei der Senkarbeit und bei Schachtreparaturen im schwimmenden Gebirge die Wässer zurückzudrängen.

Wirklich als Motor hat man aber die comprimirte Luft zuerst in Großbritanien benutzt. Bereits im Jahre 1851 kam auf dem Govan-Eisenwerke bei Glasgow eine mit comprimirter Luft betriebene unterirdische Maschine zur Förderung und Wasserhaltung in Gang und seitdem haben ähnliche Maschinen in Großbritannien immer mehr Eingang gefunden.

Auf dem Continente wurde die erste Maschine mit comprimirter Luft zu Anfange des Jahres 1865 in der Steinkohlengrube Sars-Longchamps bei Charleroi aufgestellt (s. dieses Jahrbuch II, S. 172) und nach einer Angabe von Haßlacher in Dudweiler, dem wir in dieser historischen Skizze hier folgen, waren im Jahre 1869 in dieser Grube vier unterirdische Maschinen an verschiedenen Punkten zur Förderung und Wasserhaltung aus einfallenden Strecken aufgestellt, und außerdem befand sich daselbst noch eine Maschine zur horizontalen Seilförderung, alle mit comprimirter Luft getrieben, welche letztere durch eine besondere über Tage aufgestellte Maschine beschafft und in gußeisernen Röhren in die Grube geleitet wird. Indessen scheint diese Anwendung der comprimirten Luft, wenigstens in Deutschland, keine weitere Verbreitung gefunden zu haben.

Die andere wichtige Anwendung der comprimirten Luft besteht in dem Betriebe von Bohr- und Schrämmmaschinen in Bergwerken, bei Tunnelbauten ꝛc. In ersterer Hinsicht, was die Bohrmaschine anlangt, bilden die Arbeiten am Mont

Fréjus das großartigste Beispiel für die Verwendung der Luft zu diesem Zwecke. Die sinnreiche Bohrmaschine Sommeiller's ist indessen für die Zwecke des Bergbaus zu umfangreich, schwerfällig und umständlich, daher sie auch wohl nirgends bisher in Bergwerken Anwendung gefunden hat, außer auf der Grube „Marihaye" bei Lüttich. Es sind aber in Folge dessen vielfache Versuche zur zweckmäßigen Veränderung derselbe gemacht worden. Schon vor nunmehr etwa 15 Jahren hat Schwartzkopff eine Gesteinbohrmaschine zur Sprengung der Felsen im Rhein bei Bingen in Anwendung gebracht. Dieselbe wurde mit Dampf getrieben, eignete sich aber ebenso gut auch zum Betrieb mit comprimirter atmosphärischer Luft. Insbesondere aber ist hier als bahnbrechend die Bohrmaschine des Maschinenmeisters Schumann in Freiberg (starb 1864) zu erwähnen, welche später vom Maschineninspektor Sachs in Altenberg noch erheblich vereinfacht worden ist. Weitere Aenderungen hat der Ingenieur Doering in Dortmund, dem Sachs die Construktion und Ausbeutung seiner Maschinen überlassen hat, an derselben angebracht, so ins besondere eine andere Anordnung der Steuerung und Umsetzung des Bohrers, die er durch besondere Hilfskolben statt, wie an der Sachs'schen Maschine, durch Hebelübersetzung, vom Hauptkolben aus bewerkstelligt, sowie ferner einen einfacheren Ständer für die Maschine, welcher die Arbeit mit derselben wesentlich erleichtert. Nachdem mit der Sachs'schen Maschine auf der Grube „Altenberg" bei Aachen sehr günstige Erfolge erzielt worden waren, führte man dieselbe auch bereits im Jahre 1867 in den Saarbrückener Steinkohlengruben ein und sie hat wohl überhaupt die meiste Anwendung in Deutschland und Oesterreich gefunden, indem sie nach einem Bericht des „Berggeist" Mitte 1871 in Altenberg bei Aachen, Sulzbach-Altenwald, Louisenthal bei Saarbrücken, Ferdinandgrube bei Kattowitz, Leoben (Steiermark), Scharlei, Mathilde und Paulus in Oberschlesien, Clausthal im Harz und Mechernicher Bleiberg im Betriebe und außerdem noch an verschiedenen Orten in der Ausführung begriffen war.

Doering, der sich seit einigen Jahren nach England begeben hat, hat seine Maschine hauptsächlich bei dem Tunnelbau bei Brilon in Anwendung gebracht, ohne daß aber Näheres über den Erfolg bekannt ist. Auch anderwärts

sind dieselben versucht worden und die Maschinenfabrik von Sievers & Comp. in Kalk bei Deutz liefert beide Systeme, das Sachs'sche und das Doering'sche.

Neuerdings hat auch Osterkamp in Eschweiler eine als Modification der Doering'schen zu betrachtende Bohrmaschine construirt, die auf verschiedenen Gruben der Umgegend versucht worden ist. Die Steuerung und Umsetzung des Bohrers ist bei derselben nach demselben Principe angeordnet, wie bei der Doering'schen. Es hat sich indessen gezeigt, daß der Sachs'sche Hebelmechanismus in zuverlässigerer Weise wirkt. Nach dem schon erwähnten Bericht im „Berggeist" (1871, Nr. 31) kommt es bei der Osterkamp'schen Maschine vor, daß beim Beginn des Bohrloches der Bohrer in einigen Schlägen um seine Achse geschleudert wird, oder nur noch matt und langsam schlägt, wenn das Bohrloch 3 bis 4 Zoll tief geworden ist. Der Arbeiter muß dann der Steuerung zu Hilfe kommen. Da er nun aber auch gleichzeitig die Maschine festhalten und vorwärts schieben muß in dem Maße wie der Bohrer tiefer in das Gestein eindringt, so stellt diese Maschine große Anforderungen an die Kraft und Aufmerksamkeit des Arbeiters, während die Sachs'sche sich selbstthätig vorwärts schiebt, wenn der Bohrer tiefer eindringt.

Unter übrigens gleichen Verhältnissen macht die Doering'sche Maschine, welche mit Support 130 Pfd. wiegt, bei 35 Pfd. Luftdruck durchschnittlich 270 Schläge in der Minute, die Osterkamp'sche bei 28 Pfd. Luftdruck 210 Schläge und die Sachs'sche bei 21 Pfd. Luftdruck 410 Schläge. Der Luftverbrauch ist in demselben Verhältnisse verschieden.

Die angedeuteten Uebelstände sind Anlaß gewesen, die versuchsweise angewandte Osterkamp'sche mehrfach gegen die Sachs'sche Maschine zu vertauschen. Diese wiegt mit Support 85 Pfd. und kostet nur 225 Thlr., während die Doering'sche auf 450 Thlr. zu stehen kommt. Neuerdings liefern aber Sievers & Comp. auch noch kleine vereinfachte Maschinen Sachs'schen Systems von 60 Pfd. Gewicht für 180 Thlr. Außerdem verdient noch Erwähnung das zweckmäßige vom Maschinenmeister Steinforth in Mecherich construirte Befestigungsgestell, welches einfacher, bequemer und stabiler als das Doering'sche ist und wesentlich zum guten Erfolge der

am dortigen Bleiberge arbeitenden Sachs'schen Maschinen beigetragen haben soll.

Bemerkenswerth ist der geringe Verbrauch an Bohrern bei der Maschinarbeit im Vergleich zur Handarbeit. Jedenfalls ist dies eine Folge des gleichmäßigeren Schlagens und der regelmäßigen Drehung der Bohrer bei der Maschinenarbeit.

Diese Maschinen wirken, wie schon angedeutet, nach Art der Sommeiller'schen Bohrmaschine durch den Schlag oder Stoß des Bohrmeisels. Statt derselben hat man aber auch, was hier beiläufig Erwähnung finden mag, Bohrmaschinen, bei denen das arbeitende Werkzeug durch Druck bei drehender Bewegung wirkt. Die erste derartige Maschine ist von de la Roche-Toloy, dem Ingenieur en Chef der Société des Chemins de fer du Midi construirt worden und später hat Leschot dieselbe verbessert. Der gewöhnliche Gußstahlbohrer ist bei diesen Maschinen durch eine Anzahl am Ende der Bohrspindel befestigter schwarzer Diamanten von 1 bis 3 Millimeter Durchmesser ersetzt, welche außerordentlich dauerhaft sind und das härteste Material zu durchdringen vermögen. Der Bohrer der Leschot'schen Maschine besteht aus einer röhrenförmigen Bohrstange, an welche vorn ein etwa 4 Zoll langer stählerner Bohrkopf angeschraubt ist, welcher die Form eines Ringes besitzt und vorn mit drei Reihen Diamanten besetzt ist. Die Kanten der einen Reihe ragen aus der Stirnfläche hervor, während die anderen Reihen mehr nach auswärts stehen. Wenn der Bohrer in Rotation versetzt wird, so schneidet die erste Reihe den Weg für den Bohrer, die übrigen Diamanten dagegen erweitern den Weg. Die innerhalb der ersten Reihe liegende Felsmasse bleibt natürlich stehen, dringt in der hohlen Bohrstange empor und wird in Stücken von 8 bis 10 Fuß Länge daraus hervorgezogen. Die Bohrstange selbst kann durch Anschrauben neuer Rohrstücke beliebig verlängert werden. Durch einen in das Innere der Bohrstange eingeleiteten und zwischen den Diamanten durchgehenden Wasserstrahl wird das Bohrloch immer vom Bohrmehl gesäubert.

In Nordamerika sind diese Leschot'schen Maschinen, besonders in Californien viel im Gebrauch. Ob sie aber wirklich vor den durch Stoß wirkenden Bohrmaschinen so ent-

schiedene Vorzüge (namentlich geringe Reparaturbedürftigkeit) haben, wie vielfach behauptet wird, ist noch nicht ausgemacht. Der Betrieb dieser Maschinen erfolgt übrigens durch Dampfkraft, doch will man sie in Californien auch mit comprimirter Luft bewegen; de la Roche-Toloy brachte bei der seinigen die Perret'sche Wassersäulenmaschine (vergl. dieses Jahrb. III, S. 247) in Anwendung.

Zurückkehrend zu den mit comprimirter Luft getriebenen Bergwerksmaschinen, haben wir die Schrämmmaschinen zu erwähnen, von denen manche indessen auch durch hydraulischen Druck bewegt werden. Am meisten Zukunft zu haben scheint die Schrämmmaschine der Engländer Jones und Levik, mit welcher vor einiger Zeit auch auf den Saarbrücker Kohlengruben unter Anwendung comprimirter Luft erfolgreiche Versuche angestellt worden sind.

Bei dem oberirdischen Betriebe, wo es sich gewöhnlich um große Kraftleistungen und billigen Betrieb handelt, können allerdings die mit comprimirter Luft arbeitenden Maschinen gegenüber den durch Dampfkraft getriebenen nicht in Frage kommen, da es, vom rein mechanischen Standpunkte aus betrachtet, jedenfalls kein vortheilhaftes Princip ist, comprimirte Luft als Zwischenmotor zum Betriebe von Kraftmaschinen zu benutzen, indem durch den Compressionsproceß immer ein großer Theil des Nutzeffectes der ursprünglichen Motoren verloren geht. Andere Rücksichten machen sich dagegen beim unterirdischen Betriebe geltend. Hier verdienen in vielen Fällen, namentlich in größeren Teufen und weiter Entfernung von den Hauptschächten, sowie beim Vorkommen schlagender Wetter, die Luftmaschinen den Vorzug, ja in vielen Fällen würden Dampfmaschinen gar nicht anwendbar sein, weil der Dampf eine Fortleitung auf weite Entfernungen nicht verträgt. Für die Luftmaschinen spricht namentlich die Leichtigkeit, mit welcher man die über Tage comprimirte Luft nach jedem Punkte in der Grube hinleiten kann, sodann der Ausschluß jeder Erhitzung von Leitung und Maschine und in Folge davon die bessere Conservirung beider, ganz besonders aber kommt in Betracht die ausgezeichnete Ventilation, welche sich mit Hilfe der verbrauchten Luft nicht blos an der Arbeitsstelle sondern auch an entlegenen Grubenpunkten mit leichter Mühe herstellen

läßt. Namentlich für Steinkohlengruben sind diese Vortheile sehr hoch anzuschlagen. Bei den kleinen Bohr- und Schrämmaschinen, die ihre Stelle fortwährend ändern, würde schon deshalb die Anwendung des Dampfes Schwierigkeiten haben.

Was die Maschinen zur Comprimirung der Luft anlangt, so hat man an vielen Orten Deutschlands Pumpen nach Art der am Mont-Fréjus angewandten und auf S. 216 beschriebenen benutzt, bei denen die Kolben mit einer Wassersäule bedeckt sind, wodurch einestheils der schädliche Raum beträchtlich vermindert und anderentheils die starke Erhitzung der Pumpentheile, welche sonst bei Comprimirung der Luft auf hohen Druck eintritt, vermieden wird. Diese Pumpen sind in Deutschland in verschiedenen Constructionen aus der Maschinenfabrik von Sievers & Comp. hervorgegangen und mit dem Namen „nasse Luftpumpen" belegt worden, im Gegensatz zu den „trocknen Luftpumpen", welche ohne Wasser auf dem Kolben arbeiten. Wenn es sich um keine höheren Spannungen, als bis zu 5 Atmosphären handelt, so sind übrigens, was Wirkungsweise und Preis anlangt, bei sonst zweckmäßiger Anordnung beide Systeme ungefähr gleich zweckmäßig und es hat insbesondere der Civilingenieur Kley in Bonn eine sehr rationelle trockene Pumpe für die Grube „Altenberg" bei Aachen construirt. Bei höherem Druck aber müssen die trockenen Pumpen mit äußerer Wasserkühlung versehen werden, wenn sie sich nicht zu sehr erhitzen sollen. Auch die Ventilation der Gruben hat sich bei nassen Pumpen frischer und angenehmer erwiesen, als bei trockenen, so daß im Ganzen wohl die ersteren den Vorzug verdienen. In England hat man den Druck bis acht Atmosphären zu steigern gesucht, um unterirdische Fördermaschinen und dergl. zu treiben; man hat aber dabei bei Anwendung nasser Pumpen oft Eisbildungen an den Ausströmungsöffnungen der Maschine beobachtet, eine Folge der raschen Ausdehnung der comprimirten Luft, und dieser Uebelstand hat Anlaß gegeben, wieder zu kleineren Spannungen von 3 bis 4 Atmosphären zurückzukehren, bei denen man solche Eisbildungen bei übrigens guten Anlagen nicht zu befürchten hat.

Anwendungen der hydraulischen Presse.

(Vergl. dieses Jahrbuch II, S. 154 u. f.)

Die hydraulische Presse findet neuerdings immer mehr Anwendung zu den verschiedenartigsten Zwecken, sowohl da wo es sich um bedeutende Kraftleistungen handelt, als da wo man eine Kraft rasch bereit zu haben wünscht, die man ohne lange Vorbereitungen wirken lassen kann. Um gleich an den Gegenstand, den wir eben verlassen haben, wieder anzuknüpfen, erwähnen wir zuerst

die Benutzung der hydraulischen Presse zum Betriebe von Bohrmaschinen. Durch diese Maschinen hofft man die Schießarbeit bei der Steinkohlengewinnung ganz umgehen zu können, was besonders auf Gruben mit schlagenden Wettern von Wichtigkeit ist. Man hat verschiedene derartige Maschinen in Nordamerika und England schon längere Zeit im Betrieb, besonders sind die Engländer Chubb, Bidder und Jones als Erfinder zu nennen. Bei der Maschine von J. Grafton Jones in Newport, Blaina Iron Works, welche besonders gerühmt wird, wirkt der Preßkolben mittels eines an ihm angegossnen Keiles auf ein Paar Gußstahlkeile, welche er in dem Maße, wie er vorwärts geht, weiter und weiter auseinander treibt; die Keile übertragen dann den Druck auf die Wände des vorher mit einer Handbohrmaschine gemachten Bohrloches und lockern so den Zusammenhang des Flötzes. Letzteres wird aber nicht, wie bei der Sprengarbeit, in kleine Stücke zertrümmert, was besonders bei weichen Kohlen von Wichtigkeit ist. Die ganze Maschine ist aus bestem hämmerbaren Stahl hergestellt und wiegt nur 40 Pfund. Die Erfolge, welche man mit ihr in englischen Gruben, namentlich in der Kiverton-Park-Kohlengrube gemacht hat, haben auch bei uns die Aufmerksamkeit in bergmännischen Kreisen erregt, so namentlich in Oberschlesien.

Man hat auch Versuche gemacht, mit stärkeren Maschinen gleicher Construction die Kohlen loszubrechen ohne vorheriges Unterhauen. Die stärkste dieser Maschinen hatte 100 Pfund Gewicht und übte 500 Tonnen (à 20 Ctr.) Druck aus. Sollte es wirklich möglich sein, das Unterhauen zu umgehen,

so würde man nicht nur Arbeitslöhne ersparen sondern auch weniger Staubkohle erhalten, als bisher.

Gegenüber der Sprengarbeit bietet die Benutzung der hydraulischen Presse noch den Vortheil, daß das Dach des Flötzes weniger erschüttert wird, daß man daher auch weniger Zimmerung braucht und seltener genöthigt ist, dieselbe auszuwechseln, und endlich sind auch Verunglückungen durch Steinschlag seltener zu befürchten.

Hydraulische Presse zum Appretiren des Papiers. Zur schönen Appretur des Papiers ist es nöthig, dasselbe acht bis zehn Stunden lang einem Drucke von 500 Atmosphären auszusetzen. Nach einer Mittheilung in Oppermann's Portefeuille économique des machines ist in der Staatsdruckerei in Paris die nachstehend beschriebene Maschine zu diesem Zwecke in Thätigkeit. Ein gußeiserner Preßcylinder von 570 Millim. äußerem Durchmesser ist mit der zugehörigen Grundplatte in ein Fundament versenkt, von der Grundplatte aus gehen vier schmiedeeiserne Ankersäulen, oben verbunden durch eine Preßplatte. An dem Preßkolben, dessen Durchmesser 220 Millim. und dessen Hub 850 Millim. beträgt, ist die untere Preßplatte wie gewöhnlich angebracht, die 75 Millim. über den Fußboden hervorsteht. Auf jeder Seite der untern Preßplatte befindet sich eine Schiene — Abstand 950 Millim. — und auf diesen Schienen wird der auf vier Scheibenrädern ruhende Preßwagen über die Preßplatte geschoben. Der Preßwagen selbst besteht aus einer unteren Holzplatte mit den Achsen der Scheibenräder und vier vertikalen Ankersäulen, welche durch die obere hölzerne Schlußplatte gehen. Zwischen beide Platten kommen die zu pressenden Papiere, dann wird der Wagen über die untere Preßplatte geschoben, die Pumpe in Gang gesetzt und wenn der Druck 500 Atm. erreicht hat, wird die obere Platte durch Schlußkeile, die man durch Löcher der Ankersäulen streckt, befestigt, das Wasser aus der Presse abgelassen und der Wagen fortgeschoben. — Durch einen Vertheilungsapparat ist es ermöglicht, ohne Zeitverlust gleich hinter einander zwei Pressen mit derselben Pumpe zu bedienen.

Hydraulische Presse zur Bearbeitung von Kesselböden, Umbiegen von Blech ꝛc. von Gustav Piedboeuf in Jupille, Belgien. Der Cylinder ist in einem

starken Gestell angebracht, von welchem aus vier Säulen nach der oberen Preßplatte gehen, an welcher unten die Form für die Innenfläche des Kesselbodens befestigt ist. Auf der unteren Preßplatte, die von vier Säulen geführt wird, ist, von Stützen getragen, ein Ring angebracht; welcher die äußere Form der zu pressenden Platte bestimmt. Die letztere wird im erhitzten Zustande auf den Ring gelegt, gegen die obere Form gehoben und diese preßt nun die Platte durch den Ring.

Hydraulische Lochpressen sind auf englischen und amerikanischen Werften schon seit längerer Zeit unter dem Namen „Hydraulic punches" in Anwendung und erweisen sich namentlich an Bord der Schiffe als eine äußerst praktische, überall leicht anzubringende und dabei ungemein kräftige Lochinstrumente. Besonders sind sie in solchen Fällen von Vortheil, wo man, wie z. B. bei umgebördelten Kesselböden oder bei Reparaturen, mit der Bohrmaschine nicht hinzukommen kann. Die Einrichtung dieser Maschinen ist sehr einfach. Ueber dem genau eingeschliffenen und oben mit einer sorgfältigen Dichtung versehenen Stempelcylinder befindet sich ein Raum, welcher mit einer Flüssigkeit, gewöhnlich Oel, recht zweckmäßig auch mit Talg, gefüllt ist, und welcher durch das Hineintreten einer oben durch den Kopf gehenden 1—1 1/8 zölligen Preßschraube verkleinert werden kann, wodurch der Stempelkolben, welcher unten die Stanze trägt gegen das auf eine ringförmige Unterlage aufgelegte Arbeitsstück gepreßt wird. Um die Schraube zu drehen, steckt man durch den Kopf ihrer Spindel eine kürzere oder längere Eisenstange, an welcher der Arbeiter dreht. Um größere Uebersetzungen benutzen zu können, wendet man Maschinen an, welche zwei Preßschrauben haben, von denen die eine durch die andere hindurch geht. Die größere Schraube wird dann zuerst in Anwendung gebracht, bis die Stanze auf dem Arbeitsstück aufsitzt, das eigentliche Lochen wird aber mit der kleinen Schraube bewirkt. Wenn es sich um die Ueberwindung nur kleiner Widerstände handelt, kann man auch mit der großen Schraube allein arbeiten.

Hydraulische Zugwinde von Gebr. Tangye & Holman in London und Birmingham. Dieselbe besteht aus einem beiderseits geschlossenen Cylinder, dessen Länge der Hubhöhe entspricht und in welchem sich ein Kolben auf und abbe-

wegen läßt. Die an dem letzteren befindliche Kolbenstange ist hohl und geht durch eine Stopfbüchse im obern Cylinderdeckel hindurch; oben ist an derselben ein Haken angebracht, um die Winde anzuhängen. Am untern Ende des Cylinders ist ein durch feine Canäle mit dem untern Cylinderraume communicirender Wasserbehälter angeschraubt, welcher zugleich eine Pumpe umschließt, die mittels eines Hebels in Gang gesetzt werden kann. Durch dieselbe wird das Wasser aus dem Behälter in ein enges Röhrchen gepreßt, welches durch eine Stopfbüchse im Kolben in den hohlen Raum der Kolbenstange führt; aus diesem Raume tritt dann das emporgepresste Wasser durch feine Canäle, welche in der Wandung der Kolbenstange, dicht oberhalb des Kolbens angebracht sind, in den Cylinderraum und preßt den Kolben abwärts. Dadurch wird der unten am Wasserbehälter befindliche Haken dem oberen näher gebracht, die Winde also angezogen. Das auf der Unterseite des Kolbens befindliche Wasser tritt gleichzeitig in den Wasserbehälter. — Es läßt sich diese Zugwinde, welche sehr solid gebaut ist, sowohl horizontal, als vertikal anwenden.

Hydraulische Krahne. Zu den zweckmäßigsten dieser in neuerer Zeit vielfach construirten Maschinen gehören die seit einigen Jahren aus der W. Richter'schen Maschinenbauanstalt in Altona hervorgegangenen. Als Krahnsäule dient der Preßcylinder, in welchem sich der gegen Wasser abgedichtete Kolben auf- und abbewegt. An seinem oberen Ende trägt derselbe ein Kopfstück mit 3 Rollen, welche mit drei anderen, am drehbaren Theile des Krahnes angebrachten Rollen einen Flaschenzug bilden, so daß mittels einer über sämmtliche Rollen laufenden Kette der Hub des Kolbens versechsfacht und die zu hebende Last in derselben Zeit auf das Sechsfache des Kolbenhubes gehoben wird. Das Wasser für die Pumpe wird aus einem Windkessel entnommen, in welchen es auch beim Niedergange der Last wieder zurückströmt, wobei es die Luft comprimirt. Nimmt man dann die Kette von der Last ab, so geht erstere in Folge der Elasticität der Luft und unter dem Einflusse eines am Krahne angebrachten Gegengewichtes wieder in die Höhe, eine Einrichtung, welche viel Bequemlichkeit bietet. Das Wasser ist übrigens, um das Gefrieren zu verhüten, mit Glycerin gemischt. Will man die Kette losschlagen, so wird

durch einen einfachen Umsteuerungsmechanismus die Wirkungsweise der Pumpe umgekehrt, so daß sie das Wasser aus dem Preßcylinder saugt und in den Windkessel drückt.

Solche Krahne haben keine Zahnräder, Kettentrommeln und Bremsen, sie sind leicht zu handhaben und gewähren eine außerordentliche Sicherheit im Sinkenlassen der Lasten, da der Arbeiter ganz nach Willkür das Wasser schneller oder langsamer in den Windkessel strömen lassen kann.

Hydraulische Aufzüge für Gebäude, Speicher, Hotels, Bahnhöfe, Hohofen-Gichten ꝛc. kommen immermehr, auch in Deutschland, in Aufnahme. Besondere Erwähnung verdienen ihrer zweckmäßigen Einrichtung wegen von deutschen Anlagen die Aufzüge in den Speichern in Harburg und Geestemünde, sowie die hydraulischen Wagenhebevorrichtungen der Homburg-Ruhrorter Rheintraject-Anstalt u. a.

Ein von Mechaniker Duvergier in Lyon für die dortige Station Vaise der Paris-Lyoner Eisenbahn construirter Aufzug hebt beladene Güterwagen auf eine Höhe von 5 M. Er dient zur Vermittlung der Communication mit dem Rhône und der Saône. Ein fast 6 Meter hoher und ziemlich weiter Preßcylinder ist unterirdisch aufgestellt, der in ihm befindliche hohle Preßkolben trägt oben eine Plattform mit zwei Schienengeleisen. Zur Ausgleichung des Gewichtes des Kolbens mit seinem Kopfstücke und der Plattform hat man an vier Stellen der letztern Ketten befestigt, die über Rollen laufen, auf denen spiralförmige Rillen von verschiedenem Halbmesser angebracht sind. Durch Gegengewichte, die je nach dem Halbmesser der Rille an der betreffenden Stelle eine verschiedene Wirkung haben, entsprechend der Verschiedenheit des hydrostatischen Auftriebes, den der Kolben erleidet, je nachdem er mehr oder weniger tief in das Wasser taucht, wird dann der constanten Last des Kolbens nebst Zubehör das Gleichgewicht gehalten.

Einen Aufzug ähnlicher Art hatte L. Edoux im Jahre 1867 in Paris ausgestellt und dadurch den Besuchern der Industrieausstellung Gelegenheit zu einer Spazierfahrt auf das Dach des Industriepalastes geboten. Diese Anlage war übrigens noch bemerkenswerth einestheils wegen der bedeutenden Hubhöhe von 20 Meter; dann aber auch deshalb, weil sie eigentlich aus zwei Aufzügen ganz gleicher Art mit

neben einander stehenden Kolben bestand. Die Plattformen am obern Ende der Kolben waren mit Eisengittern umgeben, mit Sitzen ausgestattet ꝛc. und es war Sorge dafür getragen, daß von der Plattform aus der Aufzug in jedem Punkte seiner Bahn zum Stillstand, sowie zum Auf- oder Niedergange gebracht werden konnte. In demselben Jahre wurden auch im kaiserlichen Schlosse zu St. Cloud sowie im Hotel des Herzogs von Braunschweig in den Champs Elisées solche Aufzüge angebracht.

In England und Amerika hat man ähnliche Aufzüge schon vielfach ausgeführt und in neuer Zeit haben sie auch in Deutschland und Oesterreich mehrfach Anwendung gefunden. So berichtet z. B. Robert Schmidt über einen solchen in einem Hause Unter den Linden in Berlin angebrachten Aufzug. Es befindet sich dort in der zweiten Etage ein Casino, dessen Gäste, meist ältere Herren, durch denselben gehoben werden. Um den Aufzug zu benutzen, tritt man in ein auf der Plattform angebrachtes kleines elegantes Zimmer, in welchem sich zwei Ruhesitze befinden; in der richtigen Höhe angelangt verläßt man dasselbe wieder durch eine Thür und befindet sich dann gleich in den Räumen des Casinos. Ein ähnlicher Aufzug dient auch in dem neugebauten Theile des Handelsministerialgebäudes zum Transport schwerer Aktenstücke nach den oberen Etagen.

Bei den früher gebauten Aufzügen muß der hydraulische Cylinder so lang sein, als die Höhe, um welche die Plattform steigen soll, beträgt. Bei bedeutenden Höhen ist diese Anordnung mit Schwierigkeiten verbunden, indem einestheils die Bohrung von Cylindern von 20 und mehr Meter Länge, sehr schwierig, anderntheils die Versenkung derselben, besonders in schon stehenden Gebäuden kostspielig und oft kaum ausführbar ist. Diesem Uebelstand wird durch den hydraulischen Teleskop-Aufzug abgeholfen, den der Maschinen- und Röhrenfabrikant Joh. Haag in Augsburg erfunden hat und von dem sich ein Exemplar in dem „Hotel zu den vier Jahreszeiten" in München im Betrieb befindet. Bei dieser Anordnung ist für eine Hubhöhe von 60 bis 75 Fuß nur eine Tiefe von 15 bis 20 Fuß nöthig, je nachdem man ein drei- oder mehrfaches Teleskop anwendet. Bei dem im Hotel zu den

vier Jahreszeiten angebrachten Aufzuge, welcher sechs Personen oder eine entsprechende Last mit einer Geschwindigkeit von 50 bis 60 Fuß in der Minute in jede beliebige Etage hebt, wird die Betriebskraft von einem im Souterrain aufgestellten Accumulator geliefert; wenn man über den Druck einer Wasserleitung verfügen kann, fällt die Anlage des Accumulators und des zu seiner Füllung nöthigen Pumpenwerkes weg. In jeder Etage befindet sich ein Hebel, durch dessen Bewegung man die Plattform dahin versetzen kann, um sie dann entweder steigen oder sinken zu lassen. Im Innern des Aufzuges selbst dagegen bedarf es nur der Berührung verschiedener Knöpfe, um die Bewegung zu reguliren. Auch ist noch die Sicherheitsvorrichtung getroffen, daß der Aufzug nicht in Gang gesetzt werden kann, wenn die zur Plattform führende Thüre offen ist; die Etagenthüren werden bei der Bewegung durch den Aufzug selbst geschlossen.

Hydraulische Maschinen zur Prüfung der Festigkeit verschiedener Materialien. Hier sind besonders die von dem Pariser Ingenieur Desgoffe construirten und in den französischen Regierungswerkstätten vielfach in Anwendung gekommenen Apparate zu nennen, über welche der Civilingenieur F. C. Glaser in Paris interessante, von Illustrationen begleitete Mittheilungen im „Civilingenieur" (Jahrg. 1870) veröffentlicht hat, denen nachstehende Angaben entlehnt sind.

Der Desgoffe'sche Apparat zum Probiren von Flintenläufen und hohlen Metallrohren aller Art, hat einen horizontalen Preßcylinder, in welchem sich der Preßkolben, sobald man eine außen angebrachte Schwungkurbel umdreht, vorwärts bewegt und die den innern Raum erfüllende Flüssigkeit verdrängt. Oben auf dem Preßcylinder ist der Halter zum Festschrauben des zu prüfenden Flintenlaufes angebracht; die obere Mündung des letzteren wird durch einen Kolben geschlossen, welcher durch ein Paar nach unten gehende Verbindungsstangen festgehalten wird. Durch Umdrehen der Schwungkurbel kann man den Druck des comprimirten Wassers auf die Wandungen des Rohres allmälig bis auf 1000 Atmosphären steigern. Soviel mußten dieselben in Frankreich bei der Uebernahme der Flintenläufe für die Armee aushalten. Zur Messung des Drucks dient ein auf den Preßcylinder aufgesetztes, nach Art der Metallmanometer bei Dampfkesseln

eingerichtetes Manometer. Der ganze Apparat wiegt 120 Kilogramm.

Desgoffe's Apparat für Biegungsversuche besteht aus drei Haupttheilen: dem horizontalen Preßcylinder mit dem Preßkörper ꝛc., dem zur Messung der Biegung dienenden Flectometer und dem Quecksilbermanometer, welches die Größe der angewandten Kraft angiebt. Zur Ingangsetzung des Apparates dient ein einfaches Vorgelege, das auf dem aus einem einzigen Stücke gegossenen Gestelle ruht. Die Welle des treibenden Rades endet in eine Schraube, die in einer in den Preßkolben eingesetzten gußeisernen Mutter läuft und beim Vorwärtsgange die im Preßcylinder befindliche Flüssigkeit verdrängt, welche vorher durch eine, später mittels einer Schraube zu verschließende Oeffnung eingebracht worden ist. In der Verlängerung der Achse des Preßcylinders trägt der die Biegung bewirkende Kolben eine Schneide, welche gegen den zu prüfenden Körper stößt; auf der andern Seite, ebenfalls in der Verlängerung der Cylinderachse, stößt gegen diesen Körper eine zweite Schneide, die mit dem Zeiger des Flectometers in Verbindung steht. Wenn der zu prüfende Körper sich unter dem Drucke des Kolbens der hydraulischen Presse biegt, so giebt der Zeiger auf einer Sklala die Größe der Biegung an. Das zu prüfende Probestück ist unterhalb der erwähnten beiden Schneiden an zwei Stellen durch je zwei Schneiden festgehalten, die durch einzuschiebende Keile und Schrauben regulirbar sind. Die auf der Seite des Preßcylinders gelegene tiefste Schneide ist auf dem kurzen Arm eines im Verhältniß 1 : 5 hergestellten Winkelhebels angebracht. Der lange Arm dieses Hebels überträgt die ausgeübte Kraft auf die Quecksilberfüllung des Manometers und drückt dieselbe in der Röhre in die Höhe. Die Skala des letzteren ist durch directe Belastung ermittelt worden.

Ein solcher Apparat, welcher für Spannungen bis zu 200 Atmosphären eingerichtet ist, wiegt ungefähr 1800 Kilogr.

Auch zur Messung der Zugfestigkeit von Drahtseilen, Tauen, Ketten und Schienen hat Desgoffe einen Apparat construirt, der bis zu einem Kraftaufwande von 100,000 Kilogr. arbeitet und in Frankreich beim Eisenbahn-, Bergbau- und Seewesen vielfach in Anwendung gekommen ist.

Derselbe besteht aus zwei Theilen, die während des Ver-

suches durch das Probestück mit einander verbunden sind, einem Theile, der die Kraft liefert und einem anderen, der dieselbe mißt.

Der krafterzeugende Apparat enthält wieder drei wesentliche Bestandtheile, die Hebelpumpe, den Compresseur und die eigentliche Presse.

An der Hebelpumpe, welche den Compresseur und theilweise auch die Presse zu füllen hat, ist die Beseitigung der Ventile bemerkenswerth. Diese Pumpe besteht nämlich aus einem Pumpenkolben und einem unten ausgehöhlten Differentialkolben. Letzterer ist in einer bestimmten Höhe mit Löchern versehen. Beim Aufgange des Kolbens entsteht in demselben ein luftverdünnter Raum, dieser füllt sich mit Wasser, welches, sowie die Oeffnungen die Liederung verlassen haben, in den untern Pumpenraum ausfließt. Beim Niedergange des Kolbens wird das Wasser hier bedeutend gepreßt, es macht sich deshalb nach oben Platz, indem es den rings um den Kolben gelegten Lederring erweitert und längs des Kolbens in den oberen Punpenraun steigt, der mit dem Compresseur in Verbindung steht. Beim nächsten Kolbenaufgange wird die Liederung durch die Druckdifferenz wieder dicht angedrückt.

Der Compresseur besteht aus einem vertikalen Preßkörper, in welchem sich ein hohler Kolben bewegt. Letzterer ist oben mit einer Mutter versehen, in welcher eine Schraube läuft, welche mittels zweier durch Kurbeln bewegter Winkelräder vor- oder rückwärts geschoben werden kann. Ein oben angebrachtes horizontales Schwungrad dient theils zur Regulirung der Bewegung, theils zur raschen Abstellung des Apparates nach Vollendung des Versuches.

Die eigentliche Presse endlich hat einen horizontalen, aus einem Stück mit unten ausgehenden Flanschen gegossenen Cylinder. In ihm bewegt sich der gußeiserne Kolben. Die Liederung für Kolben und Kolbenstange ist durch Lederringe hergestellt. Durch Gegengewichte wird nach Beendigung des Versuches der Kolben wieder in seine alte Lage zurückgezogen, wobei das Wasser in den Compresseur und die Pumpe zurückfließt. Die Kolbenstange hat an ihrem äußeren Ende eine Gabel, in welcher das zu prüfende Stück mittels Bolzen befestigt wird. Eine ähnliche Gabel befindet sich an dem Meßinstrumente, und zwar an dem kürzeren Arme eines gußeisernen Winkelhebels.

Der andere, 5mal so lange Arm läuft in eine Scheibe aus, welche mittels einer Kautschukmembran auf die Wasserfüllung einer Schale drückt, die wieder mit einem durch directe Belastung graduirten Quecksilbermanometer correspondirt.

Zur Messung der Ausdehnung des Probestückes dient ein eigens graduirtes Lineal, auf welchen dieselbe durch zwei mittels Stellschrauben fixirte Zeiger angegeben wird.

Hydraulische Trockendocks. Die Anwendung hydraulischer Accumulatoren zur Hebung von Schiffen in Docks ist schon mehrfach mit gutem Erfolge versucht worden. Zu den neuesten Anlagen dieser Art gehören die Trockendocks in Malta und Bombay. Das Dock von Malta hat eine lichte Weite von 62½ Fuß engl. = 19,1 Meter und enthält kein Mauerwerk, sondern zwei parallele Reihen von je 16 gußeisernen Säulen, in denen ebensoviele hydraulische Pressen, jede mit einem Kolben von 14 Zoll = 34 Centim. Durchmesser und 30 Fuß = 9,2 Meter Höhe, angebracht sind. Als Tragkörper dienen 8 Fuß = 2,44 Meter hohe Blechpontons, die auf Eisengitterwerken ruhen, an deren äußeren Enden Ketten befestigt sind, welche mit den Köpfen der 32 hydraulischen Pressen verbunden sind. Die Länge dieses Dockes beträgt 400 Fuß = 122 Meter, es kann Dampfschiffe von 3000 Tons registrirter Tragfähigkeit aufnehmen, wie die der Penninsular- und Oriental-Company.

Noch großartiger ist aber das Dock von Bombay, welches zwei parallele Reihen von je 36 Säulen mit hydraulischen Pressen von 35 Fuß 2 Zoll = 10,7 Meter Höhe besitzt.

Hydraulische Bewegung für Drehbrücken. Als Beispiel einer solchen Verwendung der hydraulischen Presse kann die Drehbrücke des Hull-Doncaster-Zweiges des North-Eastern-Railway bei Goole über die Ouse dienen. Diese Brücke ist zweiarmig, die lichte Weite eines jeden Armes beträgt 100 Fuß engl. = 30,5 Meter. Der parabolischen Blechträger haben in der Mitte 16½ Fuß = 5,03 Meter, an den Enden aber 4 Fuß = 1,2 Meter Höhe. Der Mittelpfeiler, um welchen die Brücke drehbar ist, besteht aus sieben gußeisernen Cylindern, deren Aufstellung eine kreisförmige Fläche von 50 Fuß = 15,25 Meter Gesammtdurchmesser in Anspruch nimmt, so daß eine Gesammtlänge der Brücke von 250 Fuß = 76,25 Meter

resultirt. Das Totalgewicht der Brücke beträgt 670 Tons. Jeder Cylinder hat 7 Fuß = 2,135 Meter Durchmesser und 90 Fuß = 27,45 Meter Höhe, wovon 29 Fuß in den Boden versenkt sind. Der mittelste dieser Cylinder trägt den Drehzapfen, auch ist in ihm der Accumulator für die hydraulische Drehvorrichtung vorhanden. Es sind zwei ganz gleiche Maschinen, systematisch geordnet, angebracht, von denen jede für sich zur Drehung genügt. Jede solche Maschine besteht aus drei einfach wirkenden Pumpencylindern mit Kolben von 4½ Zoll (11 Centimeter) Durchmesser bei 18 Zoll = 46 Centimeter Hub und entwickelt bei 40 Oscillationen per Minute eine Arbeit von 40 Pferdestärken, wenn im Accumulator auf das Druckwasser eine Pressung von 700 Pfund per Quadratzoll (über 47 Atmosphären) ausgeübt wird. Zum Einpumpen des Druckwassers in den Accumulator dienen zwei kleine Dampfmaschinen von 12 Pferdestärken. Das Oeffnen und Schließen der Brücke erfordert einschließlich der Drehung nicht mehr als 50 Sekunden.

Differential-Accumulator von Handside und Comp. in Derby und London. Bei der Anwendung der hydraulischen Presse zu Krahnen, Aufzügen ꝛc. schaltet man oft zwischen dem Wasserdruckcylinder und der Last einen Flaschenzug ein, um die Hubhöhe zu vergrößern, wie dies beispielsweise oben bei Besprechung der Richter'schen Krahne erwähnt wurde. In ähnlicher Weise wird auch in Geestemünde bei den hydraulischen Krahnen der 6füßige Hub des Druckcylinders in eine Hubhöhe von 36 Fuß für die Krahnkette gesteigert und bei den Aufzügen für den Seegüter-Schuppen findet eine Vermehrung von 5¾ auf 46 Fuß statt. Einem ähnlichen Zwecke dient auch der Differential-Accumulator: er soll die Druckkraft des Accumulators multipliciren.

Derselbe besteht aus zwei vertikal über einander stehenden Cylindern, von denen der untere einen weiteren Durchmesser hat und direct mit dem Wasserbehälter des Accumulators in Verbindung steht. Die verlängerte Kolbenstange dieses Cylinders dringt dann von unten her in den oberen, kleineren Cylinder und bildet den Plungerkolben desselben, während der ganze Raum dieses kleinen Cylinders nach oben hin mit der zu treibenden Presse in Verbindung gesetzt werden kann.

Ist z. B. der Accumulator zu einer Pressung von 500 Pfund per Quadratzoll angespannt, und hat der Kolben des großen Cylinders 50 Quadratzoll Oberfläche, so resultirt ein Druck von 25000 Pfund, welcher mittels der Kolbenstange auf das Wasser in dem zweiten Cylinder übertragen wird. Hat nun der Plungerkolben dieses Cylinders 10 Quadratzoll Fläche, so beträgt der Druck auf jeden Quadratzoll im kleineren Cylinder 2500 Pfund und man hat also den Druck des Accumulators von 500 auf 2500 Pfund gesteigert. Die Steigerung findet überhaupt im umgekehrten Verhältnisse der Flächen beider Kolben statt.

Man hat von diesem Apparate u. a. in Egypten zum Verpacken der Baumwolle Anwendung gemacht.

Hydrostatische Wagen von F. E. Duckham in Millwall. Diese zum Abwägen schwerer Stücke beim Ein- und Ausladen sehr nützlichen Apparate mögen hier anhangsweise noch Erwähnung finden, obwohl sie nicht als hydraulische Pressen zu bezeichnen sind. Eine solche Wage besteht aus einem offenen und nur durch einen Kolben geschlossenen Cylinder, dessen unterer Raum mit Wasser oder Oel gefüllt ist und der an dem Krahne oder dergl. aufgehängt wird. Die Kolbenstange geht unten durch den Boden des Cylinders hindurch und trägt einen Haken oder Ring zum Aufhängen der Last. Das Gewicht der letzteren übt mittels des Kolbens einen Druck auf die Flüssigkeit aus, der sich nach einem Metallmanometer fortpflanzt, dessen empirisch graduirte Skala auf der Vorderseite des Cylinders angebracht ist.

Mit einer solchen Wage von nur 84 Pfund Gewicht lassen sich Stücke bis 10 Tons abwägen, doch hat man auch größere Wagen für Lasten bis zu 100 Tons und kleinere zu feineren Gewichtsbestimmungen. Mittels einer hydrostatischen Wage dieser Construction sind z. B. die Eisenplatten die Thurmschiffes „Abyssinia" gewogen worden, das von Dudgeon in Millwall gebaut wurde. Dieselben hatten 8 bis 10 Zoll Dicke und 7 bis 10 Tons Gewicht, und wurden gleichzeitig gewogen und eingeschifft. Auch zum Abwägen der Kohlen soll sich diese Wage sehr zweckmäßig erwiesen haben.

Thermodynamische Motoren.

Unter diesen Motoren nimmt noch immer die Dampfmaschine den ersten Rang ein, ja es sind sogar in den letzten Jahren die concurrirenden Heißluftmaschinen (calorischen Maschinen) und die Gaskraftmaschinen mehr in den Hintergrund getreten, als dies vor einer Reihe von Jahren der Fall war.

In der Construction der Dampfmaschinen bringt zwar jedes Jahr, ja jede Woche Neuerungen, von denen aber eine große Zahl nach kurzer Zeit wieder der Vergessenheit anheimfällt. Wirklich bedeutende, epochemachende Erfindungen sind auf diesem Gebiete in der letzten Zeit nicht gemacht worden, und nach wie vor vermögen wir immer noch blos einen kleinen Theil der durch den Verbrennungsproceß entwickelten Wärme in nützliche mechanische Arbeit umzusetzen. Die Bemühungen der Maschinenconstructeure sind zur Zeit hauptsächlich auf folgende Punkte gerichtet: den Dampferzeuger so einzurichten, daß er eine möglichst große Menge hochgespannter Dämpfe mit geringem Aufwande von Brennmaterial liefern kann, die Dampfvertheilung so zu reguliren, daß die Dämpfe gehörig expandiren und möglichst vortheilhaft wirken können, die constructiven Details mehr und mehr zu verbessern, außerdem aber auch Einrichtungen ausfindig zu machen, welche den ganzen Motor auf einen kleinen Raum beschränken, bequem aufstellbar, leicht transportabel und überhaupt für den Kleingewerbs-Betrieb geeignet machen.

Was die Kesseleinrichtungen anlangt, so sind früher in diesem Jahrb. (Jahrg. II, S. 142) die Field'schen Kessel, welche zuerst an den Dampfspritzen von Meeryweather u. Söhne in Anwendung kamen, erwähnt worden. Man rühmte an denselben die außerordentliche Schnelligkeit der Dampferzeugung, sowie die Ersparniß an Brennmaterial, auch sollte in Folge der in ihnen stattfindenden Strömungen sich kein Kesselstein absetzen. Man ist indessen vielfach von der hohen Meinung, die man von diesen Kesseln hegte, zurückgekommen. Sie geben allerdings rasch eine hohe Dampfspannung, lassen dieselbe aber auch ebenso schnell wieder fallen und Viele wollen sie deshalb für regelmäßigen Betrieb ganz verwerfen. Nach einem Stillstand kann man in ihnen oft Stöße wahrnehmen; auch ist es wichtig,

die Feuerkiste vor Schlammablagerungen zu schützen, weil sonst leicht Durchbrennungen eintreten.

Die ebenfalls früher erwähnten Belleville'schen Kessel (Jahrg. IV, S. 196) sollen sich gut bewährt haben und namentlich in Frankreich viel im Gebrauch sein. Nach einer Angabe des Génie industriel wurden dort gegen Ende des Jahres 1869 von feststehenden, transportabeln und Locomobilen-Kesseln dieses Systemes gegen 14,000 Pferdestärken geliefert. Auch die Gesellschaft Vieille Montagne in Belgien hat, einem Referate von Sachs zufolge, sehr gute Resultate mit derartigen Kesseln erzielt; dagegen hat sich nach derselben Quelle bei einem in Schweden gemachten Versuche, einen solchen Kessel für eine Wasserhaltungsmaschine zu benutzen, der Uebelstand des zu kleinen Dampfraumes so stark geltend gemacht, daß das Resultat geradenwegs als ein schlechtes bezeichnet werden mußte, indem 1 Kilogr. Kohle nur 4 bis 5 Kilogr. Wasser verdampfte (bei den Kesseln der Vieille Montagne durchschnittlich 7,8 Kilogr.).

Mit diesen Kesseln und mehr noch mit dem in diesem Jahrb. IV S. 199 erwähnten Thermophor nahe verwandt sind die Kessel von John B. Root in Newyork, welche aus einer Anzahl schmiedeeiserner, geneigt liegender Röhren bestehen.

Neuerdings sind in Deutschland die Patent-Kessel von Pauckſch u. Freund in Landsberg rühmend erwähnt worden. Dieselben nehmen verhältnißmäßig wenig Raum ein, sollen wenig Brennmaterial verbrauchen und in dieser Hinsicht andern Kesseln gegenüber eine Ersparniß von 33 Proc. gewähren; außerdem soll sich an den Siederöhren kein Kesselstein absetzen, der Kessel soll leicht zu reinigen sein u. a. Indessen ist der angebliche Hauptvorzug dieser Kessel, ihr geringer Brennmaterialverbrauch bei großer Leistungsfähigkeit, neuerdings von competenter Seite (W. Born) stark angezweifelt worden.

Im Hannöver'schen giebt man gegenwärtig, wie Rühlmann berichtet, bei allen größeren Kesselanlagen den Fairbairn- oder Cornwall-Kesseln von Jacques Piedboeuf in Aachen und Düsseldorf den Vorzug.

Unter den Dampfkesseln für transportabele Maschinen ist der von den Pariser Mechanikern Hermann Lachapelle und Glover construirte von Rühlmann sehr warm empfohlen worden. Im Innern des vertikalen Kessels ist eine Feuer-

kiste angebracht, die ringsum an den Seiten, sowie oben von Wasser umgeben ist. Durch den obern Wasserraum steigt das Schornsteinrohr auf, welches die Verbrennungsgase abziehen läßt; von dem ringförmigen Raume aus aber gehen drei horizontale Siederöhren in verschiedenen Höhen durch die Feuerkiste hindurch, immer paarweise einen Winkel von 30° mit einander einschließend. Durch außen angebrachte, gehörig verschließbare Oeffnungen kann man diese Röhren bequem reinigen und ebenso kann man die Reinigung der übrigen Theile des Kesselraumes leicht vornehmen. Auch die Anordnung der übrigen Theile der Dampfmaschine von Lachapelle u. Glover ist eine sehr zweckmäßige.

Bei den vergleichenden Kesselproben, welche voriges Jahr in Oxford abgehalten worden sind, hat sich der Kessel einer 4pferdigen Dampfmaschine der Ingenieure Paxman nnd Davey auf den Standard-Eisenwerken in Colchester vorzüglich bewährt. Es ist dies ein vertikaler Kessel mit verhältnißmäßig hoher Feuerbüchse, in welcher von der Decke aus sechszhn Siederohre nach dem untern Theile des Kessels gehen. Unten sind dieselben auf etwa 3/4 ihres Durchmessers zusammengezogen, auf ihre oberen Oeffnungen sind Klappen aufgesetzt, welche ein seitliches Ausweichen des Wassers verursachen und die Heftigkeit des in ihnen aufsteigenden Stromes mäßigen. Der Rauchfang, der durch den obern Theil des Kessels hindurchgeht, ist am untern Ende mit einer verstellbaren schmiedeeisernen Platte versehen, welche das directe Abziehen der Verbrennungsgase hindert. Ein gußeiserner Kasten, auf dem der Kessel steht, dient als Wasserbehälter. Behufs der Reinigung ꝛc. kann man die mit Schrauben befestigte Feuerbüchse leicht herausnehmen. Bei einer sorgfältig angestellten Probe lieferte dieser Kessel auf 1 Pfund Kohle von mittelmäßiger Qualität 9 1/2 Pfd. Dampf.

Eine ähnliche Kesselconstruction hat übrigens auch T. Messinger in Ewall (Kent) angegeben.

Als eine von England ausgegangene Erfindung, an welche man von manchen Seiten große Erwartungen geknüpft hat, sind die sogenannten Luft-Dampfmaschinen hier zu erwähnen. Insbesondere hat die von Warsop angegebene Einrichtung die Aufmerksamkeit erregt. Warsop comprimirt atmophärische Luft in einer Pumpe, leitet sie dann in einer Röhre durch Räume, in welche aus der Maschine Dampf und aus

dem Heizraum die Feuergase abziehen, leitet sie dann aus vielen kleinen Oeffnungen durch das Kesselwasser hindurch in den Dampfraum, dessen Temperatur sie annimmt, und läßt sie nun, mit Dampf gemischt, auf den Arbeitskolben einer Maschine wirken.

Bei der Construction dieser Maschinen wurde man, ebenso wie früher bei derjenigen der Heißluftmaschinen, von der Ansicht geleitet, daß atmosphärische Luft ein „wirksameres Agens", ein „besserer Träger der Wärme, ein „vollkommneres Bewegungsfluidum" sei als der Dampf, eine Ansicht, die noch heutigen Tages von vielen tüchtigen Ingenieuren getheilt wird, die aber in Wirklichkeit auf einem Irrthum beruht, wie namentlich C. Linde in einer im Bayer. Ind.- u. Gewerbebl. veröffentlichten Arbeit, der wir die nachstehenden Betrachtungen entlehnen, dargethan hat.

Vor allen Dingen ist zu berücksichtigen, daß die Arbeitsmenge, welche bei der Expansion eines Gases gewonnen wird, im günstigsten Falle

$$424\ Q\ \frac{T_2 - T_1}{T_2}\ \text{Meter-Kilogr.}$$

beträgt, wobei Q die dem Körper zugeführte Wärme, ausgedrückt in Calorien, T_2 und T_1 die höchste und tiefste Temperatur bezeichnen, welche während des Expansionsprocesses eintreten. Es mag dabei daran erinnert werden, daß man die „absolute Temperatur" von dem „absoluten Nullpunkte" zählt, der bei — 273° C. liegt. Aus dieser Formel ergiebt sich aber der wichtige Satz, daß die Arbeitsmenge unabhängig ist von dem Körper, an welchem die Wärme gebunden ist, daß sie einzig und allein von den Grenzen abhängt, innerhalb deren die Expansion erfolgt. „Dieser Satz ist der Ausdruck für eine jener wichtigen von der Wärmelehre aufgedeckten Thatsachen, deren Kenntniß, — so wesentlich sie die Beurtheilung der Wärmekraftmaschinen erleichtert, und die Anhaltpunkte für die richtige Construction solcher Maschinen bietet — sich nur langsam und schwer Eingang beim technischen Publikum verschafft." Gewöhnlich macht man zu Gunsten der Heißluftmaschine geltend, daß zur bloßen Ueberführung des Wassers in Dampf ein großes Wärmequantum erforderlich ist, welches nicht wieder gewonnen wird, weil der abziehende Dampf es mit fortnimmt. Allein, wenn dies auch richtig ist, so ist damit doch nicht bewiesen, daß in den calorischen Maschinen ein größerer Theil der Wärme-

menge, welche man der Luft zugeführt hat, in mechanische Arbeit übergeführt werden könne, und daß nicht ein ebenso großer Theil wie bei der Dampfmaschine wieder als Wärme herausgezogen werden müsse. Um diesen Punkt gehörig aufzuklären, wird daran erinnert, daß zur Erzeugung von Dampf ein dreifacher Wärmeaufwand erforderlich ist.

1. Zur Erwärmung von der Anfangstemperatur auf die Dampftemperatur ist für jeden Centigrad per Kilogr. ungefähr eine Wärmeeinheit, bei hohen Temperaturen etwas mehr nöthig. Man kann diese Wärme die „Flüssigkeitswärme" nennen.

2. Um die Flüssigkeit in Gasform zu verwandeln, ist „innere latente Wärme" nöthig, beiläufig 450 Calorien im Mittel, bei hohen Temperaturen weniger als bei niedrigeren.

3. Jeder Temperatur t_2 des sich entwickelnden Dampfes entspricht eine gewisse Spannung p_2 und ein gewisses Volumen v_2. Um das Wasser unter diesem Drucke auf dieses Volumen auszudehnen, ist eine gewisse „äußere latente" Wärmemenge aufzuwenden. Bei Maschinen ohne Condensation wird davon ein Theil zur Ueberwindung des Luftdruckes (10334 Kilogr. per Quadrat-Meter) verwendet, nämlich, wenn v_0 das ursprüngliche Wasservolumen in Cubikmeter ist

$$\frac{10334}{424}(v_2 - v_0) = 24{,}373\,(v_2 - v_0);$$

der Rest

$$\frac{p_2}{424}(v_2 - v_0) - 24{,}373\,(v_2 - v_0)$$

wird als Nutzarbeit an den Kolben abgegeben.

Von der Gesammtsumme Q aller drei Wärmemengen wird nun in der Maschine ein bestimmter Theil Q_1 in mechanische Arbeit umgewandelt.

Expandirt nämlich der Dampf vom Volumen v_2 auf das Volumen v_1, so wird von Flüssigkeitswärme das Quantum $q_2 - q_1$ (unter q_2 und q_1 die zu v_2 und v_1 gehörigen Werthe von q verstanden) in Expansionsarbeit verwendet. Davon kommt aber das Quantum $24{,}373\,(v_1 - v_2)$ auf Ueberwindung des Druckes der Atmosphäre, es bleibt also übrig

$$q_2 - q_1 - 24{,}373\,(v_1 - v_2).$$

Die innere latente Wärme geht ganz als Wärme fort.

Von der äußeren latenten Wärme aber wird der Maschine zur Ueberführung in Arbeit das oben erwähnte Quantum

$$\frac{p_2}{424}(v_2 - v_0) - 24{,}373\,(v_2 - v_0)$$

zugeführt.

Vernachlässigt man v_0 als unbedeutend neben v_2, so erhält man für Q_1 den Werth

$$Q_1 = q_2 - q_1 + \frac{1}{424}\,p_2\,v_2 - 24{,}373\,v_1.$$

Denkt man sich bei einer Maschine ohne Condensation die Expansion bis zu $t_1 = 100^0$ C. geführt, so ergeben sich für verschiedene Kesseltemperaturen bei einer Anfangstemperatur $t_0 = 0^0$ die folgenden Zahlwerthe:

Kesseltemp. t_2	p_2 Atm.	Q.	v_2 Cub.-Meter pr. Kilgr.	Flüssigkeitswärmeq.	Innere latente Wärme.	Aeußere latente Wärme.	Q_1	$\frac{Q_1}{Q}$	$\frac{T_2 - T_1}{T_2}$
100	1	637	1,650	100,5	496,3	40,2	0	0	0
120,6	2	643,2	0,859	120,8	480,5	41,9	22	0,0342	0,0523
152,2	5	652,9	0,363	153,7	455	44,2	57,2	0,0876	0,1230
165,3	7	656,9	0,265	167,2	444,6	45,1	71,6	0,1090	0,1490
180,3	10	661,5	0,190	182,7	432,8	46,0	88,0	0,1330	0,1770

Wir sind also, um das in Dampf verwandelte Wasser arbeiten zu lassen, genöthigt, eine Zustandsänderung mit demselben vorzunehmen, welche dessen ganze „innere latente Wärme" sowie einen beträchtlichen Theil (24,373 Calorien pro Cubikmeter Volumenvergrößerung) der äußeren für sich in Anspruch nimmt, abgesehen von der in Arbeit verwandelten Wärme; außerdem bleibt auch noch ein Theil der Flüssigkeitswärme an den Dampf gebunden, weil man mit der Expansion nicht bis zur ursprünglichen Temperatur herabgehen kann.

Um Luft durch Wärme zu spannen, haben wir ihr pro Cubikmeter und Kilogr. $c = 0{,}21786$ Wärmeeinheiten zuzuführen.

Halten wir einen Cubikmeter Luft eingeschlossen und erwärmen wir ihnen von t_0 auf t_2, so wird auch seine Spannung von p_0 auf p wechseln nach der Regel

$$1)\quad \frac{p_2}{p_0} = \frac{1 + 0{,}3665.\ t_2}{1 + 0{,}3665.\ t_0} = \frac{273 + t_2}{273\ t_0} = \frac{T_2}{T_0}$$

Lassen wir nun die gespannte Luft arbeitverrichtend expandiren, bis ihr Druck auf p_2 zurückgegangen ist, so wird das Volumen von $v_0 = 1$ Cubikmeter auf v_1 Cubikmeter wachsen und die Temperatur auf t_1 sinken, entsprechend den Formeln

$$2\ \frac{v_1}{v_0} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,7092} \quad \text{und } 3)\ \frac{T_2}{T_1} = \frac{273 + t_1}{273 + t_2} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,2908}$$

Hierbei wird von dem früher zugeführten Wärmequantum $Q = (t_2 - t_0)\ c$ ein Theil, nämlich $(t_2 - t_1)\ c$, in Arbeit verwandelt; das Quantum $24,373\ (v_1 - v_0)$ entfällt hierbei auf Ueberwindung des Luftwiderstandes, so daß für die nützliche Arbeit übrig bleibt.

$$Q_1 = (t_2 - t_1)\ c - 24,373\ (v_1 - v_0).$$

Die zur Ueberwindung des Luftdruckes, also zur Zustandsänderung nöthige Wärme kann man als „latente Wärme" bezeichnen.

Setzt man wieder $t_0 = 0°C$ und treibt man die Expansion bis zu $p_0 - p_1 = 1$ Atmosphäre, so ergeben sich folgende Werthe:

Höchste Temp. t_2	Zugeführte Wärme	Größte Spanng. p_2 Atm.	Vol. nach der Expansion v_1	Temp. nach der Expans t	Latente Wärme.	Q_1.	$\frac{Q_1}{Q}$	$\frac{T_2 - T_1}{T_2}$
100	21,786	1,3663	1,248	67,62	6,044	1,010	0,046	0,087
180	39,215	1,6683	1,438	117,45	10,675	2,974	0,076	0,138
273	59,476	2,0000	1,635	173,35	15,477	6,243	0,105	0,183
400	81,144	2,4652	1,897	244,70	21,862	11,972	0,137	0,231

Vergleicht man die Columne $\frac{Q_1}{Q}$ dieser Tabelle mit der der vorhergehenden, so sieht man, daß die Leistung der Luft geringer ist, als die des Dampfes und daß bei jener ein bedeutenderes Wärmequantum ungenutzt entweicht, als bei diesem. Bei einer Erhitzung bis auf 180° und einer Expansion bis zu einer Atmosphäre, setzt die Dampfmaschine 0,1330 Theile der Gesammtwärme oder 13 Proc. des zugeführten Wärmequantums in mechanische Arbeit um, während bei Anwendung von heißer Luft nur 7,6 Proc. umgewandelt werden. Erst bei einer Erhitzung von 400° gelingt es mit Anwendung heißer Luft die gleiche relative Wärmemenge in Arbeit umzuwandeln.

Ein Blick auf die Columne t_1 der letzten Tabelle zeigt uns auch, daß bei einer Expansion bis auf eine Atmosphäre bei einer Anfangstemperatur von 180° die Endtemperatur der Luft 117°,35 ist, während die des Dampfes 100° beträgt. Jedenfalls muß das Bestreben darauf hin gerichtet sein, diese Endtemperaturen herabzumindern, und dazu hat man zwei Mittel in Anwendung gebracht.

Das erste, in den calorischen Maschinen thatsächlich angewandte Mittel, ist die Compression der Luft vor oder während der Erwärmung. Wird 1 Cubikmeter Luft durch Compression auf $p^1 = 2$ Atmosphären gespannt, so wächst die Temperatur von $t_0 = 0^0$ bis auf $t^1 = 61^0$ (nach Formel 3) und das Volumen wird von $v_0 = 1$ auf $v^1 = 0{,}61162$ reducirt (nach Formel 2). Die hierzu nöthige Arbeit wird in Wärme umgewandelt und läßt sich ausdrücken durch 424. q Calorien, wenn q die Wärmemenge bedeutet, welche man zuführen müßte, um dieselbe Temperaturerhöhung herbeizuführen. Von dieser Compressionsarbeit ist ein Theil, nämlich 24,373 $(v_0 - v^1)$ Calorien, von der atmosphärischen Luft übernommen worden. Setzen wir aber voraus, daß wir diese Leistung der Luft nachher anrechnen werden, wenn wir sie unter dem gleichen Drucke von 10334 Kil. per Quadrat-Meter bei der Expansion zurückdrängen müssen, so ist

$$q = c\ (t^1 - t_0).$$

Wir führen nun ein Wärmequantum Q zu, bringen dadurch die Temperatur auf t_2 und den Druck auf p_2, lassen dann bis auf atmosphärischen Druck expandiren und bringen nunmehr die Temperatur auf t_1 herab, während das Volumen auf v_1 wächst. Hierbei geht die Wärmemenge $c\,(t_2 - t_1)$ in Arbeit über, und zwar kommen auf Ueberwindung des atmosphärischen Druckes (mit Einrechnung der vorhin besprochenen Leistung) 24,373 $(v_1 - v_0)$ Calorien, welche wir als „latente Wärme" bezeichnen wollen.

Ziehen wir von $c\ (t_2 - t_1)$ das Aequivalent der Compressionsarbeit und die latente Wärme ab, so ergiebt sich die in nützliche Arbeit umgewandelte Wärme

$$Q_1 = c\ (t_2 - t^1 - t_1) - 24{,}373\ (v_1 - 1).$$

Einige nach dieser Formel berechnete Werthe giebt folgende Tabelle:

t_2	Q	p_2	t_1	v_1	Latente Wärme.	Q_1	$\frac{Q_1}{Q}$	$\frac{T_2-T_1}{T_2}$
1) $p^1 = 2$ Atm., $t^1 = 61^0$, $v^1 = 0{,}61162$								
100	8,496	2,234	22,33	1,081	1,982	1,651	0,194	0,204
180	25,925	2,713	68,81	1,241	5,881	5,707	0,220	0,252
273	46,186	3,269	113,96	1,417	10,166	11,193	0,242	0,292
400	73,854	4,030	175,60	1,643	15,681	19,917	0,269	0,333
2) $p^1 = 10$ Atm., $t^1 = 260^0{,}3$, $v^1 = 0{,}19535$								
400	30,41	12,619	49°	1,179	4,375	15,368	0,505	0,535

Man erkennt aus dieser Tabelle, wenn man die Columne $\frac{Q_1}{Q}$ mit der gleichen in der vorigen Tabelle vergleicht, die energische Wirkung der Compression; doch bleibt t_1, besonders wenn t_2 hoch ist, immer noch beträchtlich über t_0 stehen.

Das zweite Mittel, um wenigstens einen Theil der Wärme, welche dem Motor nach der Expansion bis zum atmosphärischen Drucke noch innewohnt, in Arbeit zu verwandeln, ist die directe Abkühlung, wie sie in den Condensationsdampfmaschinen und den sogenannten „geschlossenen" calorischen Maschinen angewandt wird. Man vermag dabei die Expansion fortzusetzen bis zur Kühltemperatur. Unter Voraussetzung einer constanten Kühltemperatur wird dann bei Dampf eine Reduction auf constanten Druck, bei Luft aber auf einen mit dem Volumen veränderlichen Druck stattfinden, und wenn man im Stande ist, als Kühltemperatur und Expansionsgrenze die Anfangstemperatur herzustellen, so wird beim Zurückgange des Kolbens gerade in dem Momente die ursprüngliche Spannung wieder eintreten, in welchem die Luft auf ihr ursprüngliches Volumen zurückgedrängt ist, weil Temperatur und Dichtigkeit das Volumen eines Gases bestimmen.

Um die in nützliche Arbeit verwandelte Wärme zu finden, hat man die unserer ersten Tabelle zu Grunde liegende Formel anzuwenden, indem man in derselben für q_1, p_1 und v_1 die der Condensationstemperatur entsprechenden Werthe einsetzt.

Bei Luft ist das Aequivalent der Expansionsarbeit $c\,(t_2 - t_1)$

ebenfalls auf die Kühltemperatur t_1 zu beziehen und der Ausdruck für die Gegendruckarbeit: $10334\ (v_1 - v_0)$ geht über in denjenigen für die Arbeit, welche zur Volumverminderung der abgekühlten Luft erforderlich ist, d. i. nach dem Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetze $p_0\ v_0\ \lg\ nat\ \frac{v_1}{v_0}$. Wird vor der Wärmezuführung die Luft auf die Temperatur t^1 comprimirt, so ist der Theil der Wärme Q, welcher in nützliche Arbeit verwandelt wird, bei einer geschlossenen calorischen Maschine

$$Q_1 = c\ (t_2 - t^1) - \frac{p_0\ v_0}{424}\ \lg\ nat\ \frac{v_1}{v_0}.$$

Wird $t_0 = t_1 = 46^0$ C., entsprechend $1/10$ Atm. Dampfspannung im Condensator, $v_0 = 1$ Cubikmeter, $p_0 = 1$ Atm. angenommen, so hat man

für die Condensationsdampfmaschine

$$Q_1 = q_2 - q_1 + \frac{p_2\ v_2}{424} - 2{,}4373\ v_1$$

und für die geschlossene Luftmaschine

$$Q_1 = c\ (t_2 - t^1) - 24{,}273\ \lg\ nat\ v_1;$$

fand keine Compression statt, so ist t_1 statt t^1 zu setzen.

	Höchste Temp. t_2.	Zugeführte Wärme Q.	Vol. nach Expans. v_1.	Ins Kühlwasser gegang. Wärme.	Q_1.	$\frac{Q_1}{Q}$	$\frac{T_2 - T_1}{T_2}$
Dampf	180	615,5	14,55	468,1	147,1	0,239	0,296
Luft ohne Compression vorder Wärmezuführung	180	24,98	2,35	20,83	4,15	0,166	0,296
	400	66,00	6,13	44,21	21,79	0,330	0,526
Luft mit Compression vor der Wärmezuführung	180	11,75	1,43	8,97	2,78	0,237	0,296
	400	52,77	3,73	32,05	20,72	0,392	0,526

Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, weshalb Luft, welche innerhalb derselben Temperaturgrenzen arbeitet wie Dampf, keineswegs eine bessere Verwerthung der Wärme ermöglicht. Die Tabellen zeigen auch, wohin die Wärme geht, welche nicht in nützliche Arbeit verwandelt wird: ein großer Theil bleibt in den offnen Maschinen als Luftwärme an die Luft gebunden,

ein anderer Theil wird zur Ueberwindung des Gegendruckes verwendet, während wir bei den geschlossenen Maschinen die Wärme unmittelbar ins Kühlwasser gehen sehen. Der nicht in Arbeit verwandelte Theil der Wärme ist auch bei der Luftmaschine nicht geringer als bei der Dampfmaschine und es erscheint daher als Vorurtheil und Irrthum, wenn man annimmt, die latente Wärme des Dampfes verursache einen ganz besonderen, nur dem Dampfe eigenthümlichen Verlust bei der Umwandlung in Arbeit.

Nur insofern man bei den Heißluftmaschinen höhere Temperaturen angewandt hat, als man bei gesättigten Dämpfen mit Rücksicht auf die zu bedeutende Druckzunahme anwenden mochte, durfte man bei jenen Maschinen eine vollkommenere Ausnutzung der Wärme erwarten, als bei den Dampfmaschinen. Dasselbe Resultat läßt sich aber auch erreichen, wenn man den Dampf überhitzt, und der Wasserdampf hat dann zwei wesentliche Vorzüge vor der Luft, nämlich daß man im Dampfkessel ein Kraftmagazin besitzt, was für die Regulirung der Kraftmaschinen von größter Wichtigkeit, ist und daß der Dampf sehr leicht und rasch durch kaltes Wasser verdichtet werden kann. Der einzige Vorzug der calorischen Maschinen ist daher die Sicherheit gegen Explosion, und diese läßt sich auch bei Maschinen, welche mit überhitzten Dampf arbeiten, erreichen, wenn man den Dampf im Kessel blos bis zur Spannung von einer Atmosphäre erhitzt und dann die Ueberhitzung in einem vom Kessel isolirten Raume vornimmt. Der Ueberhitzung selbst setzt der Dampf keine größeren Widerstände entgegen als die Luft, die Uebelstände aber, welche sich aus der Anwendung hoher Temperaturen für die Schmierung der Kolben und Schieber und der Conservirung die Gefäßwände ergeben, sind für Luft und Dampf dieselben.

Besitzt nun die Luft bei hohen Temperaturen kaum einen Vorzug vor dem Dampfe, so ist jedenfalls die Einführung comprimirter Luft in den Dampfkessel ein zweckloses Unternehmen und von einer Verbesserung des Ausnutzungsprocesses der Wärme kann dabei nicht die Rede sein.

Unter den calorischen oder Heißluftmaschinen sind obiger Darstellung zufolge jedenfalls die geschlossenen diejenigen, welche die meiste Zukunft haben. Eine solche ist auch die von Inge-

nieur Lehmann in Nürnberg construirte calorische Maschine, welche in der letzten Zeit vielfach ausgeführt worden ist und über deren Leistungen relativ recht befriedigende Urtheile in der Presse laut geworden sind. Principiell ist diese Maschine mit der Laubereau'schen einfach wirkenden geschlossenen Niederdruckmaschine identisch, in der äußeren Form aber gleicht sie den von Ericsson construirten offenen Kleingewerbe-Maschinen. Ohne hier näher auf die Einrichtung dieser Maschinen einzugehen (vergl. Techn. Blätter, I. Jahrgang und Dinglers J. Bd. 194), bemerken wir nur, daß diese Maschine nach dem Urtheile Sachverständiger „unter allen bisherigen calorischen Niederdruckmaschinen die beste ist und sich durch ausnehmend ruhigen Gang, sowie durch die Bequemlichkeit des Anlassens und Abstellens auszeichnet."

IV.

Chemie und chemische Technologie.

Allgemeines.

Ueber die Bildung von Krystallen in Glasflüssen bei Behandlung derselben vor dem Löthrohre

hat schon vor mehreren Jahren G. Rose ein Paar Abhandlungen in den Monatsber. der Berl. Akad. der Wissenschaften (Jahrg. 1867, S. 129 u. 450) veröffentlicht. Löst man mittels der Löthrohrflamme in der Borax- oder Phosphorglasperle gewisse Substanzen, namentlich Erden, in genügender Menge auf, so wird, wie jeder mit dem Löthrohre arbeitende Chemiker weiß, die in der Hitze klare Perle häufig mehr oder minder undurchsichtig, besonders wenn man sie durch wiederholtes hastiges Blasen mit dem Löthrohre wieder aufgewärmt hat. Rose hat nun darauf aufmerksam gemacht, daß man in solchen Perlen bisweilen vollkommen ausgebildete und bestimmbare Krystalle erkennen und darnach die Beschaffenheit der in der Perle befindlichen Substanz zu bestimmen vermöge. Zugleich aber erinnerte er daran, daß die Form der Krystalle, welche eine und dieselbe Substanz giebt, je nach Umständen, insbesondere je nach der Temperatur eine verschiedene ist. So gelang es ihm namentlich, durch Auflösen von Eisenverbindungen in der Boraxperle die Oxyde des Eisens in den Formen des Eisen-

glanzes (Rhomboeder) und Magneteisenerzes (Oktaeder) krystallisirt zu erhalten und er fand, daß die Titansäure in den Formen des Anatas (tetragonale Pyramide) krystallisirt, wenn man dieselbe in der Phosphorsalzperle durch Schmelzen in der äußern Flamme, nahe an der Spitze des blauen Flammenkegels auflöst und darnach das gebildete klare Glas einige Zeit der äußersten Spitze der äußern Flamme aussetzt, daß hingegen die Titansäure in den am Rutil beobachteten Formen (tetragonales Prisma mit pyramidalen Endflächen) auftritt, wenn man Borax in der inneren Löthrohrflamme mit einer größeren Menge Titansäure zusammenschmilzt, als ersterer beim Erkalten aufgelöst zu erhalten vermag. Damit war zugleich eine sehr einfache Reaction auf Titansäure gefunden. Rose hat seine Untersuchungen zwar nur auf einige Titan- und Eisenverbindungen erstreckt; daß es aber gelingen werde, auch andere Substanzen auf diesem Wege in gut ausgebildeten Krystallen zu erhalten, spricht er in den Worten aus:

„Die hier angewendete Methode ist im Grunde im Kleinen dieselbe, welche Ebelmen angewendet hat, als er verschiedene Substanzen mit den Flüssen Borax, Borsäure, Phosphorsalz, Soda u. s. w. gemengt im Platintiegel dem Feuer des Porzellanofens aussetzte. Er erhielt, da er mit viel größeren Mengen arbeitete, größere Krystalle, deren Winkel er mit dem Reflexionsgoniometer messen und deren chemische Zusammenstellung er durch die Analyse bestimmen konnte. Dieser Vortheil entgeht einem bei den Versuchen mit dem Löthrohr; die damit hergestellten Krystalle sind nur klein und nur unter dem Mikroskop zu erkennen; aber diese Versuche gewähren andere, nicht gering anzuschlagende Vortheile, sie sind in kurzer Zeit ausgeführt und mit Leichtigkeit abgeändert. Wenn man auch die mit dem Löthrohr dargestellten Krystalle nur unter dem Mikroskop erkennen kann, so sind sie doch oft so deutlich, daß über ihre Form kein Zweifel bleiben kann; ist ihre Form eine bekannte, so ist auch ihre Natur bekannt; ist ihre Form unbekannt, so kann ihre Bestimmung mehr Schwierigkeit machen. Da man aber auch unter dem Mikroskop die Winkel der Krystalle messen kann, die Bestimmung ihrer chemischen Zusammensetzung nach den bestimmten Zusätzen viele Anhaltspunkte darbietet, so wird man auch darüber mehr oder weniger Aufschluß

erlangen können. Die Methode ist noch der Ausbildung fähig, und bietet jedenfalls ein Mittel mehr dar, die Natur der Körper zu erkennen."

Schon vor Rose, im Jahre 1865, hat ein amerikanischer Forscher, Emerson, gezeigt, daß eine Anzahl von Oxyden in der Borax- oder Phosphorsalzperle unter dem Mikroskop erkennbare Krystalle geben; so bewirke Baryt in der Phosphorsalzperle die Bildung sechsseitiger Tafeln, während er in der Boraxperle sanduhrartige Krystalle erzeuge, Titansäure bedinge in der Phosphorsalzperle eine durchsichtige, farblose, krystallinische Abscheidung u. a. Allein eine genauere Charakteristik der Krystallformen und Gruppen fehlt meist.

Später, 1869, theilte Sorby mit, daß es ihm gelungen sei, außer borsaurer Zirkonerde auch einige molybdänsaure, wolframsaure und phosphorsaure Salze in der Boraxperle zum Krystallisiren zu bringen. Es mag bei dieser Gelegenheit erwähnt werden, daß Sorby bei der Untersuchung einiger Zirkonerden durch die Beobachtung des Absorptionsspektrums, welches die mit Krystallen angefüllte Boraxperle gab, auf die (wie weiter unten erwähnt irrthümliche) Entdeckung des Jargoniums geführt wurde.

Neuerdings hat Gustav Wunder in Chemnitz sich eingehender mit diesem Gegenstande beschäftigt und in einer ausführlichen Versuchsreihe die verschiedenen Erden und Metalloxyde, sowie ihrer Salze bezüglich ihrer Krystallisationsfähigkeit in verschiedenen Perlen geprüft. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind im Osterprogramm der höheren Gewerbschule in Chemnitz (1870) veröffentlicht.

Rücksichtlich der Bedeutung solcher Untersuchungen für die chemische Analyse macht Wunder die Bemerkung, daß die Ergebnisse derselben bei der qualitativen Analyse vortheilhaft zu verwerthen sein dürften, da die Krystallformen, die man im Allgemeinen sehr leicht erhalte, äußerst charakteristische seien. So könne man z. B. in der Boraxperle sehr leicht Dolomit von Kalkstein unterscheiden und ebenso sei unter Umständen der Nachweis der selteneren Erden, wie Zirkonerde, der Oxyde der Ceritmetalle ꝛc. auf diesem Wege leichter, als auf andere Weise. Aber auch zur annäherungsweisen Beurtheilung der relativen Mengen verschiedener Bestandtheile werde durch Messung der

Winkel der in der Perle erhaltenen Krystallformen ein Anhalt gewonnen, wie an einem Beispiele näher dargethan wird.

Rücksichtlich der Bedingungen, unter denen die Krystalle in den Perlen entstehen, macht Wunder darauf aufmerksam, daß die ganze Erscheinung der Trübung der Perle offenbar analog ist der Entglasung des gewöhnlichen Glases, d. h. der Abscheidung krystallirter Silikate in der amorphen Glasmasse. Die Abkühlung darf dabei nicht zu rasch erfolgen, weil sonst die Moleküle der krystallisirten Verbindungen nicht Zeit haben, den Widerstand der Moleküle der amorphen Grundmasse zu überwinden. Dagegen geht die Krystallisation im Allgemeinen leicht vor sich, wenn man ein derartiges Gemeng von Silikaten längere Zeit einer mittleren Temperatur, zwischen den Erstarrungstemperaturen der einzelnen Bestandtheile liegend, aussetzt. Ebenso ist es bei der Borax- oder Phosphorglasperle: Die Menge der sich abscheidenden Krystalle hängt nicht blos von ihrem relativen Gehalte an krystallisirbaren Gemengtheilen ab, sondern ist wesentlich bedingt durch die Art des Erkaltens. Da eine zu reichliche Abscheidung von Krystallen die ganze Perle undurchsichtig machen würde, so muß man im Allgemeinen einen zu hohen Sättigungsgrad der Perle vermeiden, vielmehr die mäßig gesättigte Perle so lange der günstigen Temperatur aussetzen, bis man mit bloßem Auge die Entstehung einer Trübung eben bemerkt. Die günstige Temperatur hängt allerdings ab vom Sättigungsgrade der Perle. Bei einem geringen Sättigungsgrad und wenn das Perlenmaterial die zu krystallisirende Masse in reichlicher Menge löst, wird eine Temperatur, die dem Erstarrungspunkte des Perlenmaterials nahekommt, der Krystallbildung am günstigsten sein. Insbesondere ist es zur Erzielung großer Krystalle gut, die Perle nur mit einer geringen Menge der krystallisirenden Substanz zusammenzuschmelzen und sie dann einige Zeit bei einer dem Schmelzpunkte des Perlenmaterials nahen Temperatur zu erhalten. Wunder erhielt auf diese Weise so große Krystalle von borsaurem Kali in der Boraxperle, daß ein einzelnes Individuum die halbe Perle ausfüllte.

Wenn eine Perle Neigung zeigt, eine dichte, verworrene Krystallmasse oder kugelförmige Aggregate abzuscheiden, so ist es zweckmäßig, die nur wenig gesättigte Perle rasch, vollkommen

oder theilweise, erkalten zu lassen und dann, nachdem sie klar erstarrt, in eine Entfernung von einigen Millimeter neben die Flamme eines gewöhnlichen Brenners zu bringen, so daß sie theilweise zu erweichen beginnt. Auf diese Weise gelingt es ebenfalls, größere Krystalle zu erhalten. Oft liegen so entstehende, tafelförmige Krystalle vollkommen parallel zur Oberfläche der Perle, schwimmen scheinbar auf derselben und gestatten eine sehr genaue Beobachtung. Durch einige Praxis erlangt man auch leicht die Geschicklichkeit, die Erweichung der Masse und die Krystallisation so zu beschleunigen, daß nicht zu große, sondern kleinere und wohl ausgebildete Individuen enstehen.

Unter Umständen, namentlich wohl dann, wenn die Löslichkeit der zu krystallirenden Verbindung in der Perle gering ist und bei höherer Temperatur wenig zunimmt, sättige man die Perle etwas mehr, doch immer so, daß sie beim raschen Erkalten noch klar erstarrt, und setze sie dann einer höheren Temperatur, etwa der beginnenden Rothgluth, so lange aus, bis man mit bloßem Auge den Beginn einer Trübung bemerkt; dann unterbreche man die Krystallisation durch rasches Abkühlen. Zweckmäßig ist es auch, um die dem Sättigungsgrade richtige Temperatur zu treffen, die Perle mit einer wenig kräftigen Oxydationsflamme leise anzublasen, so daß die Temperatur abwechselnd steigt und fällt. Doch hat man dabei das sogenannte „Flattern", das hastige, in rascher Aufeinanderfolge vor sich gehende Anblasen zu vermeiden, weil dadurch meist eine gleichmäßige Trübung der Perle erzeugt wird.

Daß bei verschiedenen Temperaturen und bei verschieden langer Einwirkung hoher Temperaturen auch verschiedene Krystallformen auftreten, erklärt sich einmal aus der allmäligen Verdampfung des Borax- und Phosphorsalzes in der Hitze, sodann aus der Bildung neuer chemischer Verbindungen in der Hitze. So liefert z. B. Thonerde mit Phosphorsalz je nach der Temperatur und der Dauer der Einwirkung entweder sternförmige rosetten-, oder baumschlagähnliche Krystallgruppen von phosphorsaurer Thonerde oder farblose hexagonale Tafeln von krystallirter Thonerde, ganz ähnlich denen des im Carnallit auftretenden Eisenoxydes.

Die Mannigfaltigkeit der Krystallformen läßt sich auch noch durch Anwendung verschiedener Reagentien in die Perle

vermehren und auf diese Weise ist es oft möglich, für die Anwesenheit eines Körpers einen sicherern Anhalt zu gewinnen, als das Auftreten blos einer einzigen Krystallform gewährt.

Um recht regelmäßige Perlen zu gewinnen, forme man den Platindraht durch Umlegen um einen etwa 3 Millimeter starken Glasstab vollkommen kreisrund; ferner lasse man die Perle nicht kugelförmig, sondern höchstens 1—1 1/2 Millimeter dick werden, auch wähle man den Draht nicht stärker, als zur Befestigung der Perle unumgänglich nöthig ist, weil sonst seine Wärmeleitung leicht eine Ausfüllung des Randes der Perle mit Krystallen bewirkt.

Zur Beobachtung der Krystallformen unter dem Mikroskop eignet sich 80—100-fache Vergrößerung am besten; man wähle dazu ein Objectiv von nicht zu kurzer Brennweite, um auch gelegentlich eine dicke Perle bequem beobachten zu können. Das von Rose empfohlene Platdrücken der noch weichen Perle ist wegen der dabei oft vorkommenden Verzerrung der Krystallgebilde nicht anzurathen; dagegen kann man in vielen Fällen, wenn die Krystalle der Einwirkung von Säuren widerstehen, die Perlen in Säuren lösen und die zurückbleibenden Krystalle für sich betrachten.

Wunder hat nun die Krystallformen einer Reihe von Körpern beschrieben und durch 36 Abbildungen (in 80-facher Vergrößerung) erläutert. Wir müssen uns hier auf die Reproduction einiger wenigen von diesen interessanten Figuren beschränken.

Kohlensaures Natron, Fig. 43 in der Borax-, Fig. 44 in der Phosphorsalzperle. Beim Eintragen von wenig kohlensaurem Natron in die Boraxperle entstehen, nachdem man letztere vorm Löthrohre klar geschmolzen und nach dem Erkalten durch Einhalten in die Brennerflamme wieder erwärmt hat, lange Nadeln, die sich rasch zu den mit a und b bezeichneten Aggregaten zusammenlagern. Beim Erkalten zeigen sich bald in ziemlich regelmäßigen Abständen Sprünge in denselben, die sich aber in der Regel nicht in der Masse der Perle fortsetzen. Bei stärkerer Sättigung der Perle erscheinen solche Formen, wie c. Bei sehr reichlicher Sättigung zeigen sich bei sehr raschem Erkalten und sehr behutsamem Anwärmen der klar erstarrten Perle auch die eigenthümlich schraffirten Formen d.

Wird die Phosphorsalzperle mit einem Natronsalz mit flüchtiger Säure versetzt und bis zur Verjagung der letzteren erhitzt, so erhält man nach dem Erkalten und Wiedererwärmen die Fomen der Fig. 44 und zwar erscheinen an der Oberfläche oft wasserhelle regelmäßige Tafeln a, häufiger sind sie jedoch abgerundet, Tiegeldeckeln ähnlich wie b und kommen auch in größeren Gruppen c vor. Zwischen und unter denselben erscheinen im Innern der Perle die Formen d, wahrscheinlich ebenfalls solche Tafeln wie a b, aber von der Seite gesehen.

Fig. 43.

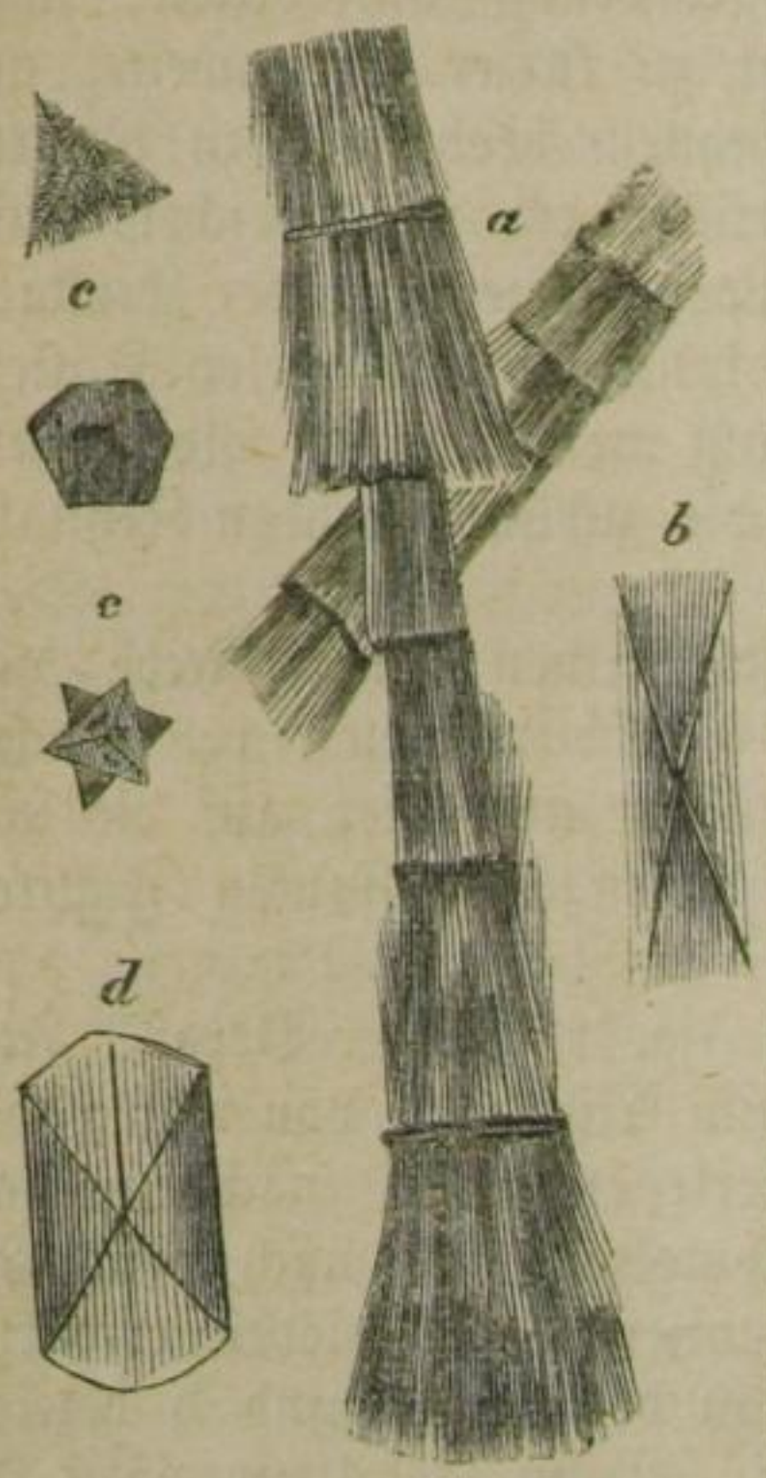
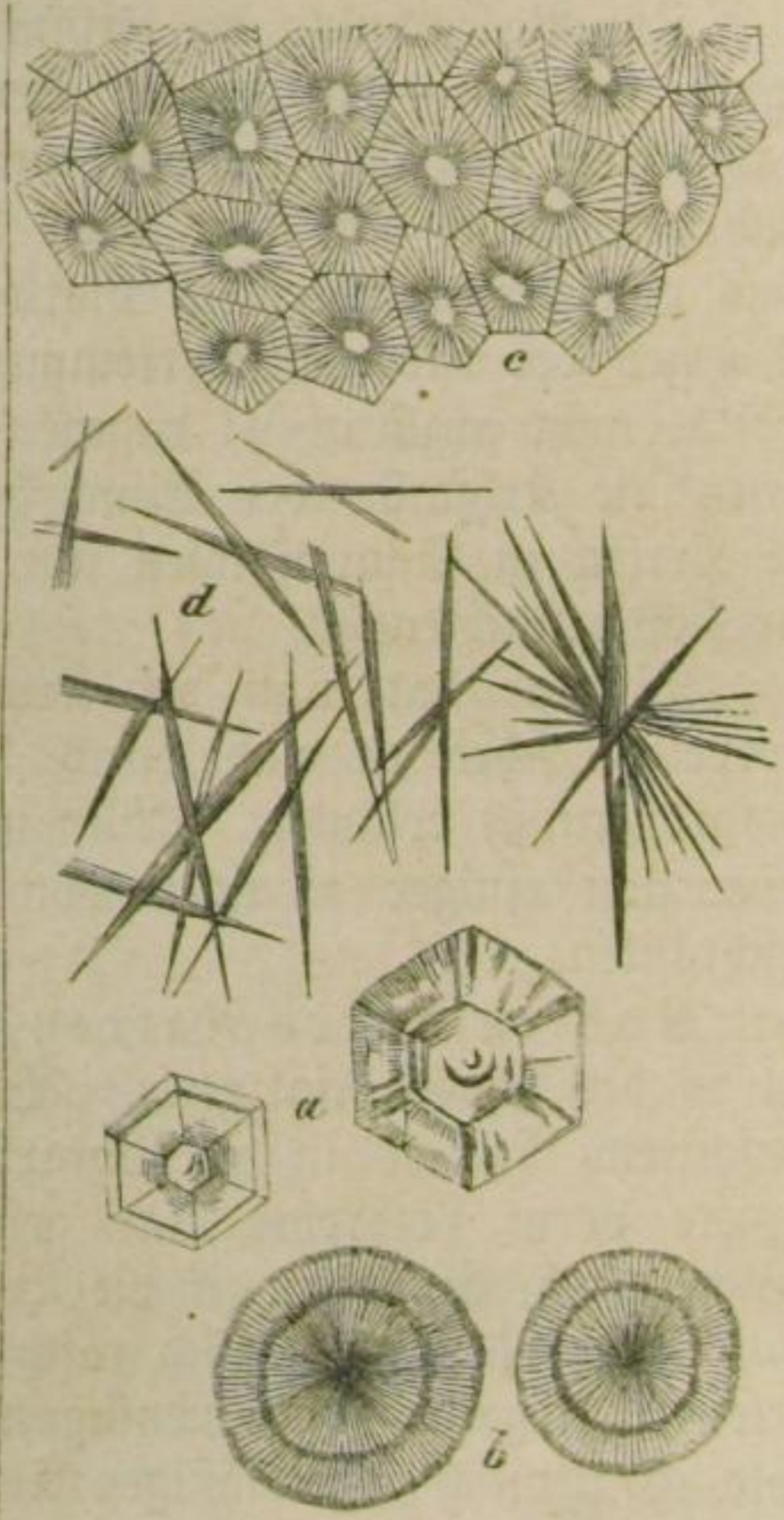


Fig. 44.



Im polarisirten Lichte zwischen gekreuzten Nicols erscheinen die d hell auf dunkelm Grund, die a aber völlig dunkel; es gehören daher diese Tafeln dem hexagonalen System an.

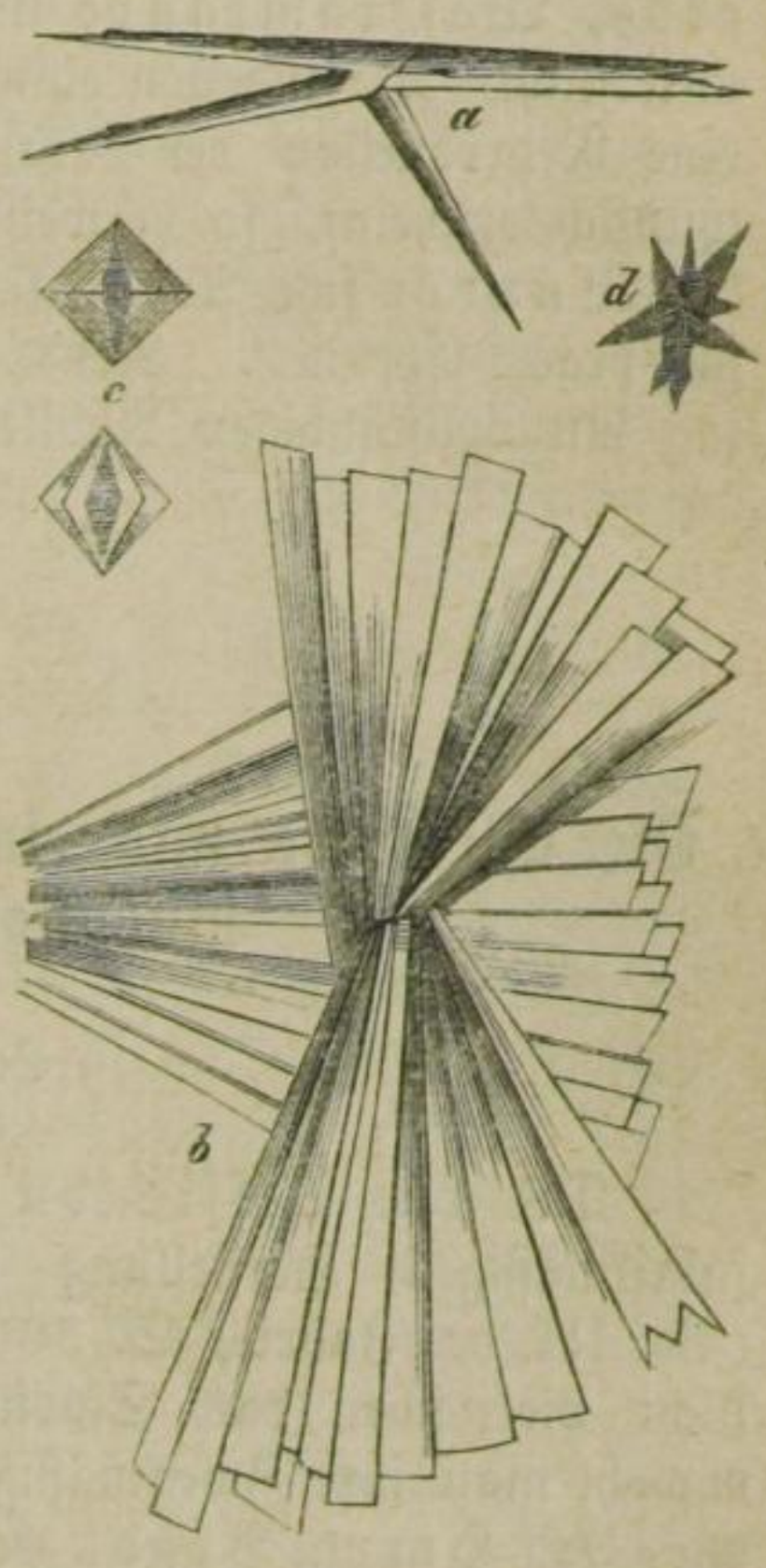
Zum Nachweise des Natrons können indessen die Formen

der Figuren 43 und 44 deshalb nicht dienen, weil sie immer entstehen, wenn dem Borax- oder Phosphorsalz ein Theil der Säure durch irgend eine Base entzogen wird, in welchen Fällen immer die basischen Verbindungen entstehen, welche zu den abgebildeten Krystallen Anlaß geben. Gerade dieses häufigen Auftretens halber muß man sich aber mit ihren Formen vertraut machen.

Magnesiasalze mit flüchtiger Säure, sowie borsaure Magnesia geben die in Fig. 45 und 46 dargestellten Formen. Fig. 45 giebt die Krystalle in der Boraxperle an, die Nadeln a

Fig. 45.

Fig. 46.



entstehen bei schwachem Erwärmen, bei fortgesetztem Erwärmen legen sie sich in Garben zusammen. Bei stärkerer Sättigung entstehen zusammengesetztere Gruppen und kugelförmige Aggregate.

In Fig. 46 sind a und b Formen, welche Magnesiasalze mit flüchtiger Säure in der Phosphorperle geben. Bei Einführung von ein wenig Borax in die Phosphorsalzperle und ebenso beim Einbringen von ein wenig phosphorsaurer Magnesia in die Boraxperle bilden sich die Formen c und d. Erstere verhalten sich im polarisirten Licht indifferent und sind daher ohne Zweifel tesseral, die letzteren bestehen wahrscheinlich aus Aggregaten kleiner Krystallindividuen. Beide verdanken ihre Entstehung Doppelsalzen von borsaurer und phosphorsaurer Magnesia.

In ähnlicher Weise hat Wunder auch Baryt-, Kalk- und Strontiansalze, Thon- und Zirkonerde, Berylleerde, Wolframsäure und die Oxyde der Ceritmetalle untersucht. Da indessen ohne ausführliche bildliche Darstellungen eine Reproduction der darauf bezüglichen Mittheilungen nicht thunlich erscheint, so verweisen wir die Leser des Näheren auf die Wunder'sche Arbeit selbst, von der auch im „Journal für pract. Chemie". Neue Folge, Bd. I., S. 452 ein Auszug mit vollständigen Abbildungen abgedruckt ist.

Die Elemente und einige einfache chemische Verbindungen derselben.

Sauerstoff.

Die von Tessié du Motay erfundene Methode zur fabrikmäßigen Herstellung von Sauer- und Wasserstoffgas (Bd. III. des Jahrb., S. 300, IV. S. 270), welche in Europa nicht viel über das Stadium des Versuches gekommen ist, obwohl man ihre Zweckmäßigkeit allgemein anerkannt hat, wird, wie Dr. Herm. Vogel berichtet, in New-York in großem Maßstabe angewandt. Es besteht dort eine nicht unbedeutende Anstalt, welche beide Gase erzeugt, vorzüglich aber Sauerstoff. Derselbe wird in eisernen Cylindern, ähnlich den bei uns üblichen Selterwasser-Recipienten, worin er unter einem Drucke

von etwa 10 Atmosphären comprimirt ist, verkauft und es kommt der Cubikfuß, für eine Atmosphäre Druck berechnet, auf etwa 2 Ngr. (der Cubikmeter auf 2 1/3 Thlr.) zu stehen. Bei Vogels Anwesenheit (im Sommer 1870) wurden täglich 30,000 Cubikfuß (850 Cubikmeter) Sauerstoff gefertigt. Der Proceß selbst ist in Kürze folgender:

2 Theile Braunstein und 1 Th. Aetznatron werden mit Wasser übergossen und in einer eisernen Schale unter tüchtigem Umrühren abgedampft, dann in einem kleinen Flammenofen calcinirt und schließlich, um das Schmelzen zu verhüten, mit Kupferoxyd und Manganoxyd gemengt. Diese Masse wird nun in horizontale, cylindrische Eisenretorten gefüllt, von denen je 12 in zwei Reihen von je 6 in einem Ofen einander gegenüber liegen. Jede Retorte hat 6 Fuß Länge und 2 Fuß Weite und wird mit 900 Pfund der Mischung beschickt. Letztere wird auf einem in der Retorte befindlichen Rost aufgeschichtet, so daß unten ein leerer Raum bleibt, in welchen das Rohr mündet, durch welches die Gase abziehen. Ebenso wird oben ein leerer Raum gelassen, in welchen bei der Fabrikation Luft oder Wasserdämpfe eingeleitet werden; dieselben durchströmen dann die poröse Masse und treten unten wieder aus.

Die Retorten werden zunächst zur Kirschrothgluth erhitzt; dann wird 15 Minuten Luft eingepumpt, welche vor ihrem Eintritt in die Retorten ein Gefäß mit kaustischer Natronlauge zu passiren hat, um die Kohlensäure zu entfernen. Nachdem die Masse auf diese Art oxydirt worden ist, wird durch dasselbe Rohr überhitzter Dampf von etwa 10 Atmosphären Ueberdruck eingeleitet. Innerhalb 10 Minuten ist aller Sauerstoff fortgeführt. Derselbe geht mit den Wasserdämpfen in einen Condensator, in welchem kaltes Wasser eingespritzt wird und wird daselbst abgesondert, um schließlich mittels einer Compressionspumpe in kleine Eisenblech-Recipienten gefüllt zu werden. In der Regel werden von den 12 Retorten eines Ofens 6 mit Luft und 6 mit Dampf gespeist.

Der Sauerstoff wird in Amerika nicht nur zu chemischen Experimenten, sondern auch zum medicinischen Gebrauch, sowie zur Erzielung einer intensiven Beleuchtung vielfach angewandt. So wurden z. B. die Wasserbauten der in Ausführung begriffenen großen Hängebrücke über die East River bei New-York

mit Hydrooxygengas erleuchtet und es waren dort 12 Lampen im Betrieb, welche täglich 2000 Cubikmeter Sauerstoff consumirten. Auch auf Leuchtthürmen ꝛc. wird das Sauerstoffgas im Großen angewandt, und eine nicht untergeordnete Rolle spielt nach Vogel's Angabe die Verwendung zur Beleuchtung der Laterna magica. Die letztere ist in Amerika ein sehr wichtiges Hilfsmittel für den Unterricht: wissenschaftliche Abbildungen, technische Zeichnungen ꝛc. werden im kleinen Maßstabe auf Gelatinetafeln gedruckt oder man fertigt kleine Glasphotographien, die nachher mittels der Laterna magica bis zum Hundertfachen vergrößerte Bilder geben, welche sich ausgezeichnet zur Demonstration für einen größeren Zuhörerkreis eignen. Die Zweckmäßigkeit dieses Hilfsmittels ist auch bei uns von einem bekannten physikalischen Schriftsteller und erfahrenen Schulmann, dem Professor Schellen, Director der Realschule in Cöln, schon seit Jahren erkannt worden und es hat derselbe im Laufe der Zeit schon über 100 ausschließlich wissenschaftliche Glastransparente (Sonnenflecke, Finsternisse, Spektren jeder Art, Instrumente, Planeten, Kometen, Sterngruppen, Nebelflecke, typische Formen des Nordlichtes, Mondbilder ꝛc.) durch seinen Bruder (Photograph Schellen in Kevelaer, Kreis Geldern) anfertigen lassen, um beim Unterrichte, öffentlichen Vorlesungen ꝛc. davon vergrößerte Abbildungen zu gewinnen. Im Allgemeinen ist indessen bei uns die Wichtigkeit der Laterna magica für solche Zwecke noch keineswegs überall gebührend anerkannt.

Bemerkenswerth ist übrigens die Angabe Vogels, daß der von derselben Anstalt in New-York gelieferte Wasserstoff verhältnißmäßig wenig consumirt wird, weil man die Hydrooxygengas-Lampen in den meisten Fällen mit Leuchtgas und neuerdings mit Alkohol speist. Eine solche mit Sauerstoffgas gespeiste Leuchtgasflamme soll ungefähr $16\frac{1}{2}$ mal so hell brennen, als eine gewöhnliche bei gleichem Leuchtgasconsum.

Ein mechanisches Verfahren zur billigen Sauerstoffgewinnung in größeren Mengen hat der Pariser Ingenieur Mallet angegeben. Dasselbe beruht auf der von Rud. Wagner schon 1855 zu dem gleichen Zwecke benutzten Eigenschaft des Wassers, der Luft, welche durch dasselbe hindurch geleitet oder besser noch hindurch gepreßt wird, einen größeren Antheil von Sauerstoff als von Stickstoff zu entziehen. Entzieht man nun dem Wasser

die in ihm aufgelöste, sauerstoffreiche Luft und preßt sie durch ein zweites und dann aufs neue durch ein drittes Wasserquantum und s. f., so wird dieselbe immer stickstoffärmer und nach achtmaligem Hindurchpressen derselben Luft soll dieselbe fast reiner Sauerstoff (nur noch 2,7 Proc. Stickstoff enthaltend) sein und als solcher technische Verwendung finden können. Mallet hat zur praktischen Ausübung dieser Methode eine besondere Maschine angegeben, bestehend aus einer Anzahl möglichst hoher cylindrischer Behälter, die mit Wasser gefüllt sind, nebst Compressionspumpen. Die erste Pumpe saugt Luft aus der Atmosphäre ein und drückt sie von unten durch eine mit vielen Löchern versehene Platte in den ersten Behälter. Nachdem die Luft in vielen kleinen Bläschen durch das Wasser gegangen, sammelt sich im oberen Theile des Behälters ein Gasgemisch, welches stickstoffreicher ist als die atmosphärische Luft. Mittels eines besondern, mit der Hand regulirbaren Ventiles wird dieses Gasgemisch fortgeleitet und zwar verwendet man es zweckmäßig mit zum Betrieb der ersten Pumpe, die jetzt eine neue Quantität Luft in den Behälter pumpt. Während aber der Kolben der ersten Pumpe niedergeht, geht derjenige einer zweiten Pumpe in die Höhe; die letztere steht mit dem obern Raum des ersten Behälters in Communikation. Dieser Raum hat sich in Folge der Fortführung der stickstoffreichen Luft mit der vorher im Wasser aufgelösten sauerstoffreichen Luft gefüllt, die nun unter den Kolben der zweiten Pumpe tritt und beim Niedergange des Kolbens in den zweiten Behälter gepreßt wird, wo sich dasselbe Spiel von neuem wiederholt. In gleicher Weise wird die Luft durch einen vierten, fünften Behälter und s. f. geführt. Aus dem letzten Behälter geht dann die sauerstoffreiche Luft nach dem Gasometer. Die Pumpen sind an einer gemeinschaftlichen Welle angebracht, die eisernen Behälter haben inwendig zum Schutze gegen den feuchten Sauerstoff einen Asphaltüberzug.

Ueber die Leistungen der Maschine geben folgende Zahlen Aufschluß:

Gewöhnl. atm. Luft besteht aus		Ihre mittlere Zusammensetzung wird nach der Pressung durch Cylinder.							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Stickstoff	79	66,67	52,5	37,5	25	15	9	5	,7
Sauerstoff	21	33,33	47,5	61,5	75	85	91	95	97,3

Jos. Philipps in Cöln hat sich mit Mallet geeinigt, um bei seiner neuen Beleuchtungsmethode den Sauerstoff zu benutzen, der durch das vorstehend beschriebene oder auch durch das in Band III, S. 299 und Band IV, S. 266 dieses Jahrb. besprochne Verfahren mittels Kupferchlorür gewonnen wird.

Ueber letzteres Verfahren hat neuerdings Philipps einige nähere Angaben gemacht. Das zu verwendende Kupferchlorür wird auf billige Weise hergestellt, indem man Kupferspäne, Abfälle von Kupferblech oder Kupferhammerschlag an der Luft mit Salzsäure behandelt. Am besten ist der Reinheit wegen Kupferblech. Die Kupferspäne werden in hohen Töpfen soweit mit rauchender Salzsäure übergossen, daß sie davon gehörig benetzt sind. Von Zeit zu Zeit wiederholt man das Uebergießen. Dabei stellt man die Töpfe an einen mäßig warmen Ort, im Sommer an die Sonne. Nach 2 bis 3 Wochen ist alles Kupfer gelöst und durch Abdampfen der Flüssigkeit in einer Porzellanschalle erhält man eine smaragdgrüne krystallinische Masse von Kupferchlorid, und zwar 3 Kilogr. von einem Kilogr. Kupferspänen. Durch starkes Erhitzen wird Wasser und ein Theil des Chlors ausgetrieben und man erhält eine dunkelbraune Masse von wasserfreiem Kupferchlorür. Dies ist nun die Substanz, welche in feuchter Luft sich in ein Kupferoxychlorid verwandelt, beim Erhitzen auf 400°C. aber den Sauerstoff abgiebt, worauf man sie abermals mittels feuchter Luft oxydiren kann. Daß derselbe Körper nach einem Vorschlage von M. Laurens in Rouen, den Mallet später praktisch ausgeführt hat, auch zur Chlorgasbereitung dienen kann, ist schon früher in diesem Jahrb. erwähnt worden.

Philipps hat gegenwärtig einen nach den Angaben Mallet's construirten Apparat zur Sauerstoffdarstellung mittels Kupferchlorür in Betrieb. Auf einem eisernen, 95 Centimeter hohen und breiten, und 75 Centim. tiefen Ofen befindet sich eine gußeiserne Platte mit 4 quadratischen Oeffnungen zur Aufnahme der Retorten. Letztere hängen etwas schräg im Feuerraume und sind aus Gußeisen, 72 Centim. hoch, oben 18 Centim., unten 15 Centim. im Quadrat. Im Boden ist ein Ring eingelassen, um jede Retorte mit einem Haken fassen und behufs Entleerung des Inhaltes umstürzen zu können. Die Retorten sind ferner mit übergreifenden Deckeln versehen, die

mittels Bügel und Schraube fest aufgedrückt und am Rande mit Thon verstrichen werden. Seitwärts der Mitte befindet sich im Deckel ein 10 Centim. hoher Rohraufsatz, in welchem ein Bleirohr mit Thon festgekittet wird; dieses Rohr führt nach einem Waschapparat mit Wasser, das zugleich zur Condensation der übergehenden Wasserdämpfe dient. Aus diesem Apparate, der auf zwei von der Platte des Ofens ausgehenden Säulen ruht, geht das gewonnene Sauerstoffgas nach dem Gasometer. Retorten und Deckel sind inwendig gut emaillirt, weil bei directer Berührung mit Eisen das Kupferchlorid leicht zersetzt würde; bei größeren Apparaten räth Mallet, sie mit Chamotte auszukleiden und die Fütterung mit einer Lösung von Wasserglas und Magnesia zu behandeln. Der Ofen ist inwendig mit Chamotte ausgefüttert, seine Feuerzüge sind seitlich einander gegenüber, laufen zur Hälfte um den Ofen herum unter der Platte und vereinigen sich in einem gemeinschaftlichen Schornsteine.

Zur Beschickung verwendet Philipps eine Masse aus 50 Kilogr. Kupferchlorid mit 33 1/3 Proc. Kaolin, welcher letztere das Zusammenbacken verhüten soll. Bei anfangs gelindem, dann verstärktem Feuer entweicht zunächst Chlor, welches man nutzbar anwenden kann, indem man es durch befeuchtete Kupferspäne streichen läßt, die in Kupferchlorid verwandelt werden. In der Retorte bleibt dann Kupferchlorür zurück. Mittels eines Krahnes werden nach einiger Zeit die Retorten aus dem Ofen gehoben und umgestürzt. Die erhaltene braune Masse wird mit Wasser befeuchtet und wird nach 2 bis 3 Stunden unter Sauerstoffaufnahme aus der Luft grün. Ist die Retorte bis auf 400° erhitzt, giebt sie Sauerstoff ab und kann dann abermals oxydirt werden u. s. f. Um Verluste zu vermeiden, kann man die Regeneration unter Anwendung von Wasserdampf und Luft bei ungefähr 200° C in den Retorten vornehmen. Die 50 Kilogr. Kupferchlorid geben, nachdem ein Theil des Chlors ein für alle Mal entfernt worden ist, bei richtiger Leitung des Processes bei jedesmaligen Abtreiben 1,5 Cubikmeter Sauerstoff. Philipps hat ein und dieselbe Masse mehr als 200 mal anangewandt, ohne daß dieselbe unbrauchbar geworden.

Neuerdings hat auch E. Kirkpatrick in Brüssel einen Apparat zur bequemen Darstellung und zum Transporte von

Sauerstoffgas construirt. Derselbe besteht aus einem eisernen Cylinder, der zu einem Fünftel mit einer Mischung von Chlorkalkbrei und Kobaltsuperoxydhydrat gefüllt wird. Die Entwickelung des Sauerstoffes erfolgt hier nach dem Fleitmann'schen Verfahren (s. dieses Jahrb. I., S. 260 u. II, S. 219). Das Gas wird in dem Apparate bis auf 10 bis 12 Atmosphären comprimirt und kann dann mittels eines Druckregulators in einem constanten Strome entnommen werden.

Die oben erwähnte Beleuchtungsmethode von J. Philipps beruht auf der Verbrennung einer eigens hergestellten Flüssigkeit von hohem Kohlenstoffgehalte unter Zuführung von Sauerstoff in einer Lampe von besonderer Construction. Philipps nennt das neue Licht, welches er zuerst im Jahre 1868 erzeugt hat, Carboxygengas-Licht. Die zur Speisung der Lampe verwandte Flüssigkeit, Carboline genannt, besteht aus einer Zusammensetzung fester und flüssiger Kohlenwasserstoffe, unter denen das Naphtalin mit 93,9 Proc. Kohlenstoff und 6,1 Proc. Wasserstoff einen Hauptbestandtheil bildet (nach Rud. Wagner ist das Ganze eine Lösung von Naphtalin in Petroleum). Die Flüssigkeit ist billig, brennt sparsam, ist ohne Docht sehr schwer entzündlich, also wenig gefährlich, die Verbrennungsgase sind geruchlos. Die Lampe ist nach Art der Oellampen mit gleichbleibendem Niveau, und zwar so eingerichtet, daß der Sauerstoff horizontal austritt, wodurch die Flamme sternförmig verbreitert und eine Erhitzung des Dochtbehälters vermieden wird. Einer andern Wartung als der Füllung bedarf die Lampe nicht, der sehr dauerhafte Docht braucht nicht abgeschnitten zu werden.

Zur Speisung der Flamme mit Sauerstoff ist keineswegs ein reines Gas erforderlich, vielmehr giebt eine Luft von 53 Proc. Sauerstoffgehalt denselben Effect wie reiner Sauerstoff, nämlich die Helligkeit von 90 bis 100 Kerzen oder das Zehnfache einer gewöhnlichen Leuchtgasflamme. Bei Anwendung des Mallet'schen Verfahrens mittels Wasser genügt also ein dreimaliges Durchpressen der Luft, um ein zur Speisung der Flammen brauchbares Gas zu erhalten. Eine Flamme von oben erwähnter Lichtstärke consumirt bei $1\frac{1}{4}$ Zoll Wasserdruck stündlich 130 bis 140 Liter Luftgemisch und 25 Gramm Carboline. Auch Tessié du Motay u. Comp. wenden bei ihrer

Oxyhydrogen-Beleuchtuug (Bd. IV des Jahrb., S. 271) seit einiger Zeit keine Magnesia- oder Zirkonstifte mehr an, sondern brennen carburirtes Wasserstoff- oder Leuchtgas unter Zuleitung von Sauerstoffgas. Zum Carburiren benutzt Tessié du Motay die flüchtigen Kohlenwasserstoffe, welche aus den Boghead-Theerölen bei 110° C überdestilliren. Diese Theeröle schlagen sich bei der Compression des transportabeln schweren Gases, welches man aus der Boghead-Cannel-Kohle gewinnt, in großer Menge nieder. Die daraus hergestellte Carburirungsflüssigkeit entzündet sich, auf eine Platte ausgegossen, bei gewöhnlicher Temperatur sehr leicht, auch ohne directe Berührung mit der Flamme. Wo man schwere, viel Kohlenstoff haltende Leuchtgase anfertigt, kann man natürlich die Carburirung unterlassen. Die Verbrennungsvorrichtung besteht aus zwei concentrischen Röhren, von denen die äußere, weitere das Leuchtgas oder carburirte Wasserstoffgas, die innere, engere, den Sauerstoff zuführt; eine durchlöcherte Metallschale schließt den Brenner oben ab, ein centrales, größeres Loch dient zum Eintritt des Sauerstoffes, durch eine Reihe am Rande herum liegender engerer Löcher treten die Leuchtstoffe ein. Natürlich sind zwei Gasleitungen erforderlich und darin besteht ein wesentlicher Nachtheil der ganzen Methode.

Bei dieser Beleuchtungsmethode wird eine große Lichtmenge auf kleinem Raume concentrirt, man erhält, auch in freier Luft, eine sehr ruhige, schön weiße, weittragende Flamme, die für viele Zwecke: Beleuchtung großer Plätze, Straßen, Leuchtthürme ꝛc. vortheilhaft sein kann. In den meisten Fällen dürfte sich aber in diesen Fällen auch die Philipps'sche Lampe brauchbar erweisen, bei welcher obendrein nur eine einzige Röhrenleitung nothwendig ist, während die doppelte Rohrleitung Tessié du Motay's nicht nur kostspielig, sondern auch immer der Gefahr einer Explosion ausgesetzt ist. Bei Verwendung im Freien bedarf allerdings das Philipps'sche Licht eines Schutzes, auch sind bei demselben in vielen Fällen Reflectoren nothwendig; dafür aber wirkt es nicht so unangenehm, grell strahlend, und für das bloße Auge auf die Dauer unerträglich, wie das Tessié du Motay'sche, welches man bei Verwendung in Werkstätten und Wohnräumen durch matte Glasglocken dämpfen muß, wodurch wieder ein Verlust an Lichtstärke eintritt. Im Ganzen

dürfte daher wohl das Philipps'sche Verfahren, welches sich auch für photographische Zwecke sehr gut eignet, eine bedeutendere Zukunft haben, als das vielgepriesene von Tessié du Motay. Es wird einen guten Ersatz bieten für elektrisches oder Drummond'sches Kalklicht, Magnesiumlicht, überhaupt in allen Fällen sich verwenden lassen, wo große Lichtmassen statthaft und geboten erscheinen. Daß das Philipps'sche Licht für physikalische Vorlesungen einen sehr bequemen Ersatz des Drummond'schen Lichtes abgeben kann, ist ganz neuerdings auch von Carl in München hervorgehoben worden. Derselbe bedient sich einer Petroleumlampe mit Rundbrenner, die er mit einer gesättigten Lösung von Naphtalin in Petroleum speist. Innerhalb des Rundbrenners geht ein enges Metallröhrchen in die Höhe, das mit dem Sauerstoffgasometer durch einen Kautschuckschlauch in Verbindung steht und oben einen Ansatz mit radialen konischen Löchern trägt, durch welche der Sauerstoff ausströmt. Für sich allein giebt die Naphtalinlösung eine stark rußende Flamme, bei Zuleitung von Sauerstoff erhält man einen prächtigen Lichtstern.

Ozon und Antozon. Nach der Hypothese, welche zuerst von Schönbein in einem an Faraday gerichteten Briefe (25. Juni 1858) ausgesprochen worden ist, giebt es außer dem gewöhnlichen Sauerstoff noch zwei verschiedene, einander entgegengesetzte Modificationen dieses Elementes, Ozon und Antozon, und der gewöhnliche Sauerstoff ist blos eine Vereinigung beider (vergl. Jahrg. I. des Jahrb., S. 260 u. f.). Die Existenz des Antozons ist indessen von jeher von den verschiedensten Seiten stark bezweifelt worden und neuerdings haben Carl Engler und Otto Nasse eine Reihe von Versuchen angestellt, welche in der That zeigen, daß kein Grund zur Annahme dieses Körpers vorliegt. Nach Meißner soll durch Elektrisiren von Sauerstoff ein Gemisch äquivalenter Mengen von Ozon und Antozon entstehen; leitet man dasselbe durch eine Jodkaliumlösung, so nimmt diese das Ozon, nicht aber das Antozon auf und die Gegenwart des letztern soll sich dadurch kundgeben, daß das desozonisirte Gas in Gegenwart von Wasser Nebel bildet.

Leitet man den ozonisirten Sauerstoff durch ein mit Stücken von frischem Zinknatrium gefülltes U förmiges Rohr, so verschwindet der Ozongeruch vollständig, das Ozon wird zerstört.

Schaltet man aber dasselbe Rohr zwischen der Jodkaliumlösung und dem Wasser ein, über welchem die Nebelbildung beobachtet werden soll, so kann man die Nebel wie gewöhnlich beobachten: das Zinknatrium zerstört also das Antozon nicht.

Nach Meißner treten die Eigenschaften des Antozons erst nach Beseitigung des Ozons auf. Wäre nun in der That das Antozon gleich anfangs mit dem Ozon zusammen gebildet worden, so müßten die Nebel sich auch zeigen, wenn man den ozonisirten Sauerstoff erst durch Zinknatrium und dann über Wasser leitet. Engler und Nasse konnten aber bei dieser Anordnung des Versuches keine Nebel wahrnehmen.

Leitet man den aus Jodkaliumlösung ausgetretenen, angeblich Antozon enthaltenden Gasstrom durch eine mit geschmolzenem Chlorcalcium gefüllte 1,3 Meter lange Röhre, so bildet er mit Wasser keine Nebel, hat also sein Antozon eingebüßt. Ozon wird durch Chlorcalcium nicht verändert.

Leitet man aber ozonisirten Sauerstoff erst durch das Chlorcalciumrohr, dann durch Jodkalium und schließlich über Wasser, so sind die Nebel wieder da.

Das Antozon wird also nicht gleichzeitig mit dem Ozon gebildet, sondern entsteht erst, wenn das Ozon eine Zersetzung erfährt. Aber nicht immer, wenn Ozon zerstört wird, tritt Antozon auf, z. B. nicht bei Zerstörung des Ozons durch Zinknatrium. Dieser Fall ist deshalb bemerkenswerth, weil das Zinknatrium im trockenen Zustande vom Ozon angegriffen wird, während zahlreiche andere Körper, wie Jodkalium, Cyankalium, Schwefelkalium u. a., die das Ozon im feuchten Zustande leicht angreift, trocken von demselben nicht angegriffen werden. Auch auf ein trockenes Magnesiumband wirkt das Ozon nicht, während befeuchtetes Magnesium unter Bildung von Antozon sofort zerstört wird. Jod gehört auch zu den wenigen Körpern, die im trockenen Zustande vom Ozeon angegriffen werden; aber der im diesem Falle entstehende, mit Wasser Nebel bildende Körper, ist nicht Antozon, sondern Jodsäure.

Aus diesen und ähnlichen Beobachtungen geht hervor, daß Antozon immer nur dann entsteht, wenn Ozon bei Gegenwart von Wasser zerstört wird. Engler und Nasse schließen sich deshalb der schon früher von v. Babo und Weltzien ausge-

sprochenen Ansicht an, daß Antozon nichts anderes sei als Wasserstoffsuperoxyd und sie bringen noch verschiedene Beweise für die Richtigkeit dieser Ansicht bei. Die Bildung des Wasserstoffsuperoxyds bei der Desozonisation denken sie sich so, daß das Ozon bei der Einwirkung auf Jodkalium von seinen drei Sauerstoffatomen, aus denen nach Soret und Clausius jedes Molekül besteht, nur eines zur Oxydation abgiebt, während die beiden andern gewöhnlichen Sauerstoff bilden. Kann das Jodkalium diese beiden Sauerstoffatome nicht zur Oxydation verwenden, so ist es wahrscheinlich, daß sie auf das viel schwerer zu oxydirende Wasser wirken werden; man muß demnach schließen, daß das Jodkalium die Ozonmoleküle überhaupt zunächst öffnet, daß aber von einzelnen Ozonmolekülen gar kein Sauerstoff an Jodkalium, sondern nur an Wasser abgegeben wird. Die Nebelbildung beruht darauf, daß mit dem Ozon ein großer Ueberschuß von gewöhnlichem Sauerstoff die Lösungen durchstreicht, welcher das gebildete Wasserstoffsuperoxyd mit sich reißt; letzteres bildet, sobald es in eine hinreichend Wasserdampf enthaltende Atmosphäre gelangt, Bläschendampf oder Nebel, bei verdünnten Lösungen direct über denselben, bei concentrirten erst bei weiterem Zusammenkommen mit Wasser.

Was das Verhalten der sogenannten Ozonide und Antozonide anlangt, welches von Schönbein u. a. beschrieben worden ist, so haben Engler und Nasse gefunden, daß die angeblichen Eigenthümlichkeiten dieser beiden Gruppen von Verbindungen in Wirklichkeit bei genauerer Beobachtung nicht existiren.

Oscar Loew in Newyork, indem er im Ganzen Engler und Nasse beipflichtet, will doch eine vom Ozon und gewöhnlichen Sauerstoff verschiedene Modification und zwar als oxydirendes Princip im Terpentinöl nachgewiesen haben. Schönbein schrieb bekanntlich die von ihm 1851 entdeckte oxydirende Wirkung des Terpentinöles einem Gehalte an Ozon zu; Berthelot und O. Wolffenstein dagegen sind der Ansicht, daß gewöhnlicher Sauerstoff im Terpentinöl gelöst sei. Nach Loew ist es Sauerstoff im Zustande freier Atome, für welchen er den Namen Antozon vorschlägt, und er vermuthet, daß es drei Modificationen des Sauerstoffes giebt:

[O]	[OO]	[OO]O
Antozon	Gewöhnl. Sauerstoff.	Ozon.

Dieser atomistische Sauerstoff, das neue „Antozon", soll in lockerer, mehr physikalischer als chemischer Verbindung, noch mit der Wärmehülle umgeben, im Oele gelöst sein, so daß er erst nach längerer Zeit eine Harz- und Wasserbildung herbeiführt und daß er im Stande ist, mit Wasser direct das Peroxyd des Wasserstoffs zu bilden und, wie Ozon, Jodkalium zu zersetzen.

Die im vor. Jahrg. dieses Jahrb. S. 193 erwähnte Angabe Loew's, daß auch bei lebhafter Verbrennung Ozon gebildet werde, ist seitdem auch von anderer Seite bestätigt worden. Heinrich Struve zieht aus seinen Beobachtungen den Schluß, daß bei jeder Verbrennung wie der Athmung Ozon, salpetrigsaures Ammoniak und Wasserstoffsuperoxyd gebildet werden, wovon freilich meist nur das salpetrigsaure Ammoniak der Untersuchung zugänglich sei, und C. Than hat Ozon in einer Wasserstoffflamme, an der Flamme eines Bunsen'schen Brenners, an Kerzen- und Weingeistflammen nachgewiesen. Doch ist, soll der Nachweis des Ozons gelingen, nothwendig, die Luft vom untern Rande der Flamme wegzusaugen, wo das Ozon noch nicht durch die Hitze wieder zerstört ist. Than behauptet indessen, daß nur bei Verbrennung wasserstoffhaltiger Substanzen Ozon gebildet werde. Seiner Ansicht nach zerfällt ein Molekül gewöhnlichen Sauerstoffs (O_2) beim Verbrennen des Wasserstoffes in seine beiden Atome, eines derselben dient zur Wasserbildung, das andere verbindet sich mit einem freien Sauerstoffmolekül zu Ozon (O_3).

Wasserstoff.

Zur fabrikmäßigen Herstellung von Wasserstoffgas für verschiedene technische Zwecke haben Tessié du Motay und Maréchall auf die Eigenschaft der Hydrate der Alkalien und alkalischen Erden aufmerksam gemacht, daß sie in der Berührung mit Kohle in der Rothglühhitze ihr Wasser abgeben, welches zersetzt wird, so daß der Sauerstoff mit dem Kohlenstoff sich zu Kohlensäure verbindet und der Wasserstoff frei wird.

Dieses Verfahrens bedient man sich auch in der schon oben erwähnten Fabrik der Oxyhydrogengas-Compagnie in Newyork. Ein Gemenge von Kalkhydrat wird in eisernen Retorten bis zur

Rothgluth erhitzt; in 15 Minuten ist aller Sauerstoff ausgetrieben. Dann wird Wasserdampf eingeleitet, wodurch auf's Neue Kalkhydrat gebildet wird, das man durch abermaliges Erhitzen zersetzen kann. Natürlich wird die Kohle nach und nach zur Bildung von Kohlensäure verbraucht und es ist daher nach etwa 3 Wochen ein Zusatz neuer Kohle nöthig. Bei Vogel's Besuch des Etablissements wurden täglich 2000 Kubikfuß (536 Kubikmeter) Wasserstoffgas fabrizirt. Dasselbe wurde in Kesselblechcylindern bis auf 10 Atmosphären Druck verdichtet und so der Cubikfuß für ungefähr 8 Pfennige (der Cubikmeter für 28 Ngr.) unsern Geldes verkauft.

Hydrogenium. Der inzwischen verstorbene Th. Graham hat mehrfach versucht, mit Hilfe des elektrischen Stromes ein Amalgam des Wasserstoffes herzustellen. Oscar Loew ist auf einem andern Wege dazu gelangt. Schönbein hat früher bemerkt, daß sich beim Schütteln von Zinkamalgam mit Luft und Wasser Zinkoxyd und Wasserstoffsuperoxyd bildet. Insbesondere entsteht dasselbe leicht bei Gegenwart von Platinchlorid. Loew schreibt vor, eine Lösung von etwa 1 bis 2 Proc. Zink in Quecksilber mit den gleichen Volumen Platinchloridlösung, welche 10 Proc. festes Chlorid enthält, unter guter Abkühlung heftig zu schütteln. Die erhaltene schlammige Masse zersetzt sich rasch; trägt man sie aber sofort in verdünnte Salzsäure ein und wäscht sie nach dem Aufhören der energischen Wasserstoffentwickelung mit Wasser, so erhält man ein haltbares Product. Das Amalgam bildet eine metallglänzende Masse von Butterconsistenz, welche auf dem unveränderten Quecksilber schwimmt; es zersetzt sich langsam, besonders in Gegenwart von Säuren oder Alkalien. Beim Erhitzen des zwischen Fließpapier getrockneten Amalgames in einem geräumigen Kolben bildet sich unter starkem Aufblähen Wasser. Die stark reducirenden Eigenschaften, welche Graham am Hydrogenium-Palladium nachgewiesen hat, sind auch dem Amalgam eigen, es entfärbt Kaliumpermanganatlösung, verwandelt Eisenchlorid in Chlorür, Ferridcyankalium in Ferrocyankalium. Beim Schütteln mit Aetzammoniak nimmt es einen Theil desselben auf; setzt man es mit Platin der Luft aus, so tritt bald unter Wärmeentwickelung eine energische Wasserbildung ein. Frisch bereitetes Hydrogenium-Amalgam lieferte beim Erhitzen das 150 fache seines Volumens an Wasserstoff.

Schon Graham hat das Hydrogenium mit dem Ozon verglichen; Loew findet diesen Vergleich zutreffend und möchte drei Formen des Wasserstoffes, ähnlich den von ihm aufgestellten drei Formen des Sauerstoffes annehmen:

[H] [HH] [HH]H

nascirenden Wasserstoff, gewöhnlichen Wasserstoff, Hydrogenium.

Chlor.

Darstellung von Chlorgas mittels Salzsäuregas und atmosphärischer Luft. Schon längere Zeit kennt man den Vorschlag von Oxland, trocknes Salzsäuregas, mit dem doppelten Volumen atmosphärischer Luft gemengt, durch eine weißglühende Röhre zu leiten, wobei sich Wasser und Chlorgas bilden. Man erhält indessen auf diese Weise nur wenig Chlorgas, wahrscheinlich weil die Temperatur, bei welcher die Salzsäure durch den Sauerstoff der Luft zersetzt wird, derjenigen sehr nahe liegt, bei welcher das Wasser wieder durch das Chlor zersetzt wird. Henry Deacon, Theilhaber der Widnes Alkali Works in Lancashire hat deshalb im Verein mit F. Hurter und E. Davey seit mehreren Jahren versucht, dieses Verfahren zweckentsprechend zu modificiren, um aus einem Gemisch von atmosphärischer Luft und Salzsäuregas, wie sich letzteres in den Sulfatöfen bei der Sodafabrikation bildet, das Chlorgas gewinnen zu können. Seine in der Versammlung der British Association in Liverpool mitgetheilten Angaben sind folgende. Man soll die gußeisernen Röhren, in denen die Erhitzung des Gasgemisches vorgenommen wird, mit gröblichem Ziegelpulver von Pfefferkorngröße füllen, welches vorher in einer Kupfervitriollösung gekocht und dann getrocknet worden ist. Durch die Einwirkung des Kupfersalzes, dessen Verhalten übrigens noch nicht ganz aufgeklärt ist, wird die Zersetzung der Salzsäure, wenn sonst die Verhältnisse günstige sind, vollständig gemacht; wahrscheinlich geht das Kupfersulfat dabei vorübergehend in Kupferchlorid über, welches abwechselnd die Hälfte Chlor verliert, und dann unter Mitwirkung des Sauerstoffes die Salzsäure zersetzt, um wieder Chlor aufzunehmen. Aehnlich verhalten sich auch andere Kupfer-, sowie Bleisalze mit Ausnahme des Bleisulfates.* Von Wichtigkeit für das Gelingen des Processes ist aber auch das

genaue Einhalten einer anfänglichen höheren Temperatur, auf welche man das Gasgemenge vor dem Einleiten in die Röhren erhitzt, und einer niedrigeren in den Zersetzungsröhren. Am größten ist die Ausbeute an Chlorgas, wenn die letztere Temperatur 370 bis 400° C. ist, bei 200° wird sie sehr gering und bei 440° fängt Kupferchlorid an sich zu verflüchtigen. Wenn man 5 Raumtheile Luft und 4 Salzsäuregas mit nicht zu großer Geschwindigkeit und hinreichend erwärmt durch die Röhren leitet, so wird alles Chlor freigemacht; bei nicht gehöriger Regulirung des Processes dagegen entweicht unzersetzte Salzsäure, die indessen durch Waschen mit Wasser leicht zu entfernen ist. Das mit Stickstoff gemengte Chlorgas liefert einen vorzüglichen Chlorkalk, wenn man ihm, so lang es frisch ist, schon fast gesättigten Chlorkalk darbietet, während man die bereits benutzten Gase, ehe sie entweichen, über frisches Kalkhydrat streichen läßt.

Der von Deacon angewandte Zersetzungsapparat besteht in einer gußeisernen weiten Röhre, die von einem als Wärmereservoir dienenden Mantel umgeben ist. Ein Theil der zur Zersetzung nöthigen Temperatur wird durch die bei der Oxydation des Wasserstoffes frei werdende Wärme geliefert. Die Temperatur des Vorwärme- und Zersetzungsapparates wird durch ein Metallthermometer mit Sicherheit bis ungefähr 540° C. controllirt. Die Producte, Chlor und Wasser werden schließlich bei einer Temperatur von 15° C. erhalten.

Als einen Uebelstand des Verfahrens hebt Deacon hervor, daß sich aus den Flammenöfen immer etwas Eisen, wahrscheinlich als Chlorid, verflüchtigt und daß sich dann in der Zersetzungsröhre pulverförmiges Eisenoxyd absetzt, was sich indessen durch passend angebrachte Reinigungsröhren entfernen läßt. Ganz vermeiden könnte man diesen Uebelstand durch Anwendung von Bleipfannen statt der eisernen in den Sulfatöfen.

Als ein Bedenken gegen die praktische Ausführung dieses Verfahrens ist von manchen Seiten die Höhe der Arbeitskosten bezeichnet worden; auf der anderen Seite hat aber Hurter seine Meinung dahin ausgesprochen, daß dieser Proceß in kurzer Zeit den Manganproceß verdrängen werde.

Das von P. W. Hofmann angegebene Verfahren zur Herstellung reiner Salzsäure (Jahrg. V des

Jahrb. S. 262) führt, wie Fresenius durch directe Versuche gefunden hat, dann nicht zum Ziele, wenn die rohe Salzsäure oder auch die in Anwendung kommende Schwefelsäure arsenhaltig ist. Das Destillat ist dann ebenfalls arsenhaltig und es gelingt auch nicht, das Arsen in einem Theile der Salzsäure zu verdichten. Auch freies Chlor, wenn solches in der rohen Salzsäure vorhanden ist, geht mit über.

Brom.

Nach Chandler betrug die Menge des im Jahre 1869 in den Ver. Staaten von Nordamerika producirten Broms 125,000 Pfund. In dem Wasser des Saratoga Brunnens fand derselbe 3,63 Gr. Brom auf die Gallone (4,543 Liter), in einem See des Saginaw-Thales wieß Chilton 7,65 Gr. Brom nach und zu Tarentum enthält nach Hieren eine Gallone Wasser 6 Gramm Brom und 4 Gramm Jod.

Zur Darstellung von Bromwasserstoffsäure haben Champion und Pellet ein neues Verfahren angegeben. Der dazu benutzte Apparat besteht aus zwei tubulirten Retorten, von denen mit Hilfe eines Oel- oder Sandbades die eine, Brom enthaltende, bis auf ungefähr 65°, die andere, Paraffin (Schmelzpunkt 55° C.) enthaltende, bis auf 185° erwärmt wird; beide sind durch eine Röhre mit einander verbunden, welche die Bromdämpfe unter die Oberfläche des Paraffins leitet. Durch eine Uförmige, mit feuchten Glasstücken und Phosphor gefüllte, Röhre entweicht die Bromwasserstoffsäure und wird dabei von jeder Spur freien Broms befreit. Nach einiger Zeit kann man die Einleitung des Broms in das Paraffin unterbrechen, weil das aus letzterem durch Aufnahme von Brom entstandene Produkt sich gegen 180° zersetzt und die größte Menge des Broms in Form von Bromwasserstoff wieder abgiebt. Eine auf diese Weise erhaltene bei 0° gesättigte Lösung hat 1,78 spec. Gew. und entspricht der Formel HBr,H_2O, beim Erhitzen verliert sie Gas und liefert ein bei 126° C. siedendes Hydrat $HBr,5H_2O$ von 1,48 spec. Gew.

Nach H. Topsöe gewinnt man wässrige Bromwasserstoffsäure leicht, wenn man in einem Kolben zu 1 Theil

amorphen Phosphors und 15 Th. Wasser tropfenweise 10 Th. Brom zusetzt und gegen das Ende erwärmt. Der Kolben ist während der Reaction mit einem zur Hälfte mit Wasser gefüllten Kugelapparate in Verbindung. Durch Destillation erhält man die wässrige Säure als eine farblose Flüssigkeit, deren spec. Gewicht und Procentgehalt bis zum Siedepunkte 125 bis 126° steigt; bei noch höherer Temperatur nimmt der Gehalt wieder ab, eine Erscheinung, die wahrscheinlich daher rührt, daß die rückständige Phosphorsäure bei einer höheren Temperatur allmälig Wasser abgiebt. Die stärkste auf diese Weise erhaltene Säure hat 1,490 spec. Gewicht, enthält 48,17 Procent Säure und siedet bei 764 Millim. Barometerstand, bei einer Temperatur von 125—125,5° C. An der Luft raucht sie ziemlich stark, hält sich aber längere Zeit ohne sich zu zersetzen.

Man kann eine noch stärkere Säure herstellen, wenn die Wassermenge, auf welche man Brom und Phosphor wirken läßt, nur 1/5 des Bromgewichts beträgt und die sich entwickelnde Säure in Wasser oder einer auf die obige Art hergestellten Säure aufgefangen wird.

Ueber das spec. Gewicht und den Procentgehalt der Bromwasserstoffsäure hat derselbe Autor folgende Angaben veröffentlicht:

Temp.	Spec. Gew.	Procent-Gehalt	Temp.	Spec. Gew.	Proc.-Gehalt
14°	1,490	48,17	13°	1,253	29,68
14	1,485	47,87	13	1,232	27,62
13	1,460	46,09	13	1,200	24,35
14	1,451	45,45	14	1,164	20,65
13	1,438	44,62	14	1,131	16,92
13	1,431	43,99	14	1,118	15,37
13	1,419	43,12	14	1,097	12,96
13	1,368	39,13	14	1,089	11,94
13	1,349	37,86	14	1,075	10,19
13	1,335	36,67	14	1,055	7,67
13	1,302	33,84			

Um Bromnatrium in größeren Mengen rein darzustellen empfiehlt Castélhaz, zunächst mittels Brom Bromammonium darzustellen, dasselbe durch Krystallisiren von dem wesentlich leichter löslichen Jodammonium zu trennen

und es dann durch eine entsprechende Menge kaustischen oder kohlensauren (von Schwefelsäure und Chlor freien) Natrons zu zersetzen. Beim Eindampfen der Flüssigkeit scheidet sich wasserfreies Bromnatrium in kleinen würfelförmigen Krystallen ab. Diese Methode hat vor der Zersetzung der Bromüre des Zinkes oder Eisens mittels kohlensauren Alkalis, welche ebenfalls ein von bromsauren Salzen freies Präparat liefert, noch den Vorzug, daß kein Niederschlag entsteht, der bei unvollständigem Auswaschen Bromnatrium zurückhalten, also einen Verlust an Brom veranlassen könnte. Zur Herstellung des Bromammoniums bringt man das Brom tropfenweise in reines verdünntes Ammoniak, nimmt aber diese Operation in steinernen Woulf'schen Flaschen vor, damit bei der mit Wärmeentwicklung verbundenen lebhaften Reaction mit dem entweichenden Stickstoff kein Ammoniak und Brom mit fortgeht, sondern die Dämpfe vollständig condensirt werden können. Das Verdampfen der Flüssigkeit bewirkt man in einer mit thönerner Vorlage versehenen eisernen Retorte; in ersterer verdichtet sich Ammoniak und etwa übergehendes Bromammonium. Auch die Zersetzung des letzteren mit Natron wird am besten in einer eisernen, mit Vorlage zur Condensation des Ammoniaks oder kohlensauren Ammoniaks versehenen Retorte vorgenommen.

Jod.

Die Jodproduction betrug im Jahre 1869 (nach Wagners Handbuch der chemischen Technologie 8. Aufl.)

in Schottland und Irland	1829 Ctr.
Frankreich	1324 „
Tarapaca	300 „
	3453 Ctr.

Davon wurden in der Farbenfabrikation gegen 900 Ctr. consumirt. Für den großartigen Verbrauch des Jodes in der Photographie spricht die Thatsache, daß eine einzige Fabrik in Berlin jährlich 30,000 Pfd. Jodkalium, wozu über 200 Ctr. Jod nöthig sind, fabricirt.

In den letzten Jahren hat namentlich die Production von Jod aus Chilesalpeter beträchtlich zugenommen. Das rohe Salz, welches nach Nöllner's Ansicht jodhaltigen Seetangen

seinen Ursprung verdankt, enthält regelmäßig 0,059 bis 0,175 Proc. Jod. Zur Gewinnung desselben werden auf Veranlassung von Thiercelin in der Fabrik der Société nitrière zu Tarapaca die Mutterlaugen von der Raffination des Rohsalpeters, welche Jodsäure enthalten, mit einem Gemenge von schwefliger Säure und Natriumbisulfit versetzt. Wenn man keinen Ueberschuß, sondern gerade die richtige Menge beider Agentien zusetzt, so wird alles Jod in Form eines schwarzen Niederschlages abgeschieden. Das gefällte Jod bringt man in ein großes steinzeugenes Gefäß, dessen Boden mit mehreren Lagen Quarzsand bedeckt ist, dessen Körner von unten nach oben an Größe abnehmen. Wenn das Jod abgetropft ist, wird es, ohne seine unterste Schicht zu berühren mit einem irdenen Löffel in einen dickwandigen Kasten von Gyps gebracht, welcher die Flüssigkeit rasch auffaugt. Das so erhaltene Jod, welches immer noch etwas Wasser und große Mengen Salze enthält, kommt entweder sofort in den Handel oder wird erst noch sublimirt.

In neuerer Zeit giebt Thiercelin der salpetrigen Säure als Reductionsmittel den Vorzug vor der schwefligen Säure, weil sie das Jod in einer Form abscheidet, in welcher es sich leicht auswaschen und trocknen läßt. Die salpetrige Säure wird dabei durch Anzünden eines Gemenges von 5 Th. Salpeter nnd 1 Th. Kohle erhalten.

Zur Gewinnung von Jod aus Rückständen, welche noch Brom und Chlor enthalten, hat F. Beilstein folgende Methode vorgeschlagen. Die genügend concentrirte, vielleicht auch zur Abscheidung störender Beimengungen vorher eingedampfte und geglühte Lösung der Jodüre wird mit Schwefelsäure angesäuert und salpetrige Säure, durch Erwärmen von 1 Th. Stärke mit 6 Th. roher Salpetersäure erhalten, eingeleitet. Sobald die Reaction lebhafter wird, taucht man den Kolben in kaltes Wasser; durch abwechselndes Erwärmen und Abkühlen erzielt man leicht einen regelmäßigen Strom von salpetriger Säure. Wenn das Jod völlig ausgeschieden ist, nimmt die Flüssigkeit eine hellere Farbe an, während das freie Jod mit tiefbrauner Farbe gelöst bleibt, so lange noch unzersetztes Jodür vorhanden ist. Das abgeschiedene Jod wird nach Bunsen filtrirt, mit kaltem Wasser gewaschen und über Schwefelsäure getrocknet. Das Verfahren soll besonders für

die Technik geeignet sein, wo seit Einführung des Anilingrüns große Mengen jodhaltiger Rückstände zu verarbeiten sind. Die salpetrige Säure geht dabei z. Th. an die Flüssigkeit, aus der sie durch Schwefelsäure wieder genommen werden kann, ein anderer Theil wird zu Stickoxyd reducirt, welches an der Luft wieder salpetrige Säure bildet. Es ist damit der Weg angedeutet, mit einer kleinen Menge salpetriger Säure beliebig große Mengen Jod abzuscheiden. Bei Arbeiten im Großen könnte man die in der Fuchsinfabrikation bei der Darstellung von Arsensäure aus arseniger Säure sich bildende salpetrige Säure verwenden.

Aus Quecksilberjodür gewinnt man nach L. Henry das Jod, indem man ersteres mit granulirtem Zink oder Eisenpfeilspänen mischt und das Gemisch einige Zeit mit Wasser digerirt, dann das Quecksilber abfiltrirt und das Jod mit schwefliger Säure abscheidet.

Ueber den Procentgehalt der wässrigen Jodwasserstoffsäure hat Topsöe folgende Angaben gemacht:

Temp.	Spec. Gew.	Proc.-Gehalt	Temp.	Spec. Gew.	Proc.-Gehalt
12°	1,708	57,74	13°	1,347	36,07
13,8	1,706	57,64	13	1,309	33,07
12,5	1,703	57,42	13,5	1,274	30,20
13	1,696	57,28	13,5	1,2535	28,41
13,7	1,674	56,15	13,8	1,225	25,86
14	1,530	53,93	13,8	1,191	22,63
12,5	1,603	52,43	13,5	1,164	19,97
13	1,5727	50,75	13,5	1,126	15,73
13,5	1,542	49,13	13,5	1,102	13,09
13	1,528	48,22	13	1,095	12,21
13	1,4865	45,71	13,5	1,077	10,15
13	1,451	43,39	13,5	1,0524	7,019
13	1,413	40,45	13,5	1,017	2,286
13	1,382	38,68			

Die Jodwasserstoffsäure, welche Topsöe benutzte, war nach dem Pettenkofer'schen Verfahren (Jahrg. III dieses Jahrb. S. 318) dargestellt, doch wurden auf 1 Th. Phosphor 19 Th. Jod und 20 Th. Wasser genommen. In einem Strome von Kohlensäure destillirt, erscheint die Jodwasserstoffsäure fast farb-

los, aber die stärkeren Lösungen werden bei der Aufbewahrung bald unter Färbung zersetzt. Die stärkste durch Destillation darstellbare Säure, 57,74procentig, siedet bei 127° C.

Schwefel.

Neue mächtige Schwefellager sind kürzlich in Nordamerika entdeckt worden. Schon seit einigen Jahren kommen bedeutende Massen dieses Minerales, in Kisten zu 100 Kilogr. gegossen, von Clear-Lake in Californien in den Handel, wo sich ein bedeutendes Lager befindet, welches 50 Proc. reinen Schwefel enthält. Noch reichhaltiger aber soll das Schwefellager sein, welches man jüngst im südwestlichen Winkel von Louisiana, im Bezirke Calcasieu am Flusse gleiches Namens beim Bohren auf Petroleum gefunden hat. Das schwefelhaltige Gestein beginnt in einer Tiefe von 130 Meter und hat 34 Meter Mächtigkeit; der Schwefelgehalt soll in den obern Schichten 60 Proc. betragen, mit der Tiefe zunehmen, bis er bei 148 Meter Tiefe 90 Proc. beträgt, und von da an wieder abnehmen, durchschnittlich soll er 77 Proc. sein. Der Schwefel erscheint als eine blasse, compakte Masse, hier und da mit Krystallen durchsetzt, und liegt in einem krystallinischen, kalkigen Muttergestein, das sich zwar leicht mit dem Hammer bearbeiten läßt, aber doch hinlänglich fest ist, um beim bergmännischen Betriebe die hölzernen Verkleidungen der Galerien entbehrlich zu machen.

Ueber die Löslichkeit des Schwefels in einer wässrigen Lösung von kohlensaurem Natron und in Leinöl haben J. J. Pohl und Fr. Smital Versuche angestellt. Sie fanden dabei, daß reine, bei 100° getrocknete Schwefelblume in einer nahezu 5,5 procentigen wässrigen Lösung von kohlensaurem Natron (5,6 Gewichtstheile wasserfreies Salz auf 100 Th. Lösung) selbst nach sechsstündigem Digeriren in einer Temperatur von 25° C. sich so gut wie unlöslich zeigte; erst bei 10stündiger Digestion bei 100° C. wurden im Durchschnitte aus 3 Versuchen, 0,0676 Proc. Schwefel aufgelöst. In Leinöl dagegen lösen sich bei 25° C. 0,630 Gewichtsprocent Schwefel, bei 60° 1,852 Proc., bei 95° 2,587 Proc., bei 130° 4,935 Proc. und bei 160° 9,129 Proc. Zwischen 15 und 100° wächst die Löslichkeit ungefähr proportional der Temperatur, dann aber viel rascher. Wenn

die Auflösung unter 140° erfolgte, so unterscheidet sich das schwefelhaltige Leinöl nicht von dem gewöhnlichen. Bei 140° mit Schwefel behandelt färbt sich aber das Oel dunkelbraun, im durchgehenden Lichte roth, und wird dickflüssig. Aus dem bei 160° mit Schwefel gesättigtem Leinöle scheidet sich bei mehrtägigem Stehen bei 20° Schwefel aus; doch bleiben selbst nach vierzehn Tagen noch 6,9 Proc. gelöst und es findet nun keine weitere Abscheidung mehr statt. Das bei 60° gesättigte Oel läßt nach 24stündigem Stehen bei 20° ebenfalls Schwefel auskrystallisiren, behält aber noch 0,822 Proc. in Lösung.

Zum Nachweise kleiner Mengen von Schwefel, z. B. im Leuchtgase, empfiehlt V. Wartha in Ofen in einem feinen Platindrahte eine Sodaperle zu befestigen und mit derselben die Ränder der Flamme abzustreichen. Die entstandenen schwefel- und schwefligsauren Salze werden darauf durch Einhalten der Perle in die Flamme zu Schwefelnatrium reducirt. Zerdrückt man nun die Perle auf einem Porzellanteller und setzt einen Tropfen Nitroprussidnatrium zu, so giebt sich die kleinste Spur von Schwefel durch eine schön violette Färbung zu erkennen. Diese Reaction ist viel empfindlicher als die auf Silberblech; für Leuchtgas genügen 1 bis 2 Minuten.

Die Eigenschaften des Schwefelsäure-Anhydrides, über welche die älteren Angaben theilweise widersprechend lauten, sind von Schultz-Sellack eingehender studirt worden. Das Anhydrid wurde aus rauchender Schwefelsäure durch Destillation über Phohphorsäureanhydrid gewonnen. Beim Abkühlen des flüssigen Körpers wird ein eingetauchtes Thermometer bei 16° stationär und die Flüssigkeit erstarrt zu langen Nadeln. Bisweilen gelingt es aber auch, sie im flüssigen Zustande bis auf nahezu 0° abzukühlen; erstarrt sie aber dann, so steigt das Thermometer bis auf 16°. Bei dieser Temperatur schmilzt der Körper. Häufig bleiben dabei in der geschmolzenen Masse einzelne weiße Flocken zurück, welche sich vergrößern, worauf nach einiger Zeit das Ganze zu einer verfilzten weißen Masse erstarrt; dabei bleibt das Thermometer nicht stationär. Dieselbe Umwandlung tritt auch nach einiger Zeit, selbst wenn das Anhydrid völlig geschmolzen ist, stets ein, sobald man dasselbe bei einer Temperatur unter 27° aufbewahrt; ist die Temperatur über 27°, so schreitet die Umwandlung nicht fort. Das feste Anhydrid wird

erst bei Temperaturen über 50° allmälig flüssig, ohne daß sich eine bestimmte Schmelztemperatur angeben läßt; selbst bei 80° ist noch eine fortgesetzte Zuführung von Wärme nöthig. Das Flüssigwerden und Erstarren ist sonach nicht ein einfaches Schmelzen und Erstarren, sondern der Uebergang aus einer Modification in die andere. Das Volumen des flüssigen Anhydrides vermehrt sich bei der Erwärmung von 25 auf 45° von 1 auf 1,055, der mittlere Ausdehnungscoefficient hat also den bedeutenden Werth 0,0027, mehr als $^2/_3$ von dem der Gase. Dasselbe Anhydrid siedet bei 46°; bei 20° besitzen seine Dämpfe eine Spannung von 200 Millim. Quecksilbersäule. Die Dämpfe, welche das feste Anhydrid nach einigen Tagen im Vacuum zeigt, haben bei 20° eine Tension von 30 bis 40 Millim. Quecksilber. Der Dampf des festen oder flüssigen Anhydrides hat das spec. Gew. 2,74 bis 2,77.

Auf Grund dieser Untersuchungen nimmt Schultz-Sellack zwei Modificationen des Schwefelsäure-Anhydrides an:

Das α Anhydrid, bei 16° in langen Prismen erstarrend, die bei derselben Temperatur schmelzen und bei 46° sieden, und

das β Anhydrid, welches bei Temperaturen unter 25° sich in Form feiner weißer Nadeln bildet, bei 50° allmälig flüssig wird und dann in die erste Modification übergeht; schon bei gewöhnlicher Temperatur bildet es allmählig Dämpfe von der Beschaffenheit derjenigen des α Anhydrides, aber geringerer Spannkraft.

Das α Anhydrid ist mit Schwefelsäurehydrat in jedem Verhältnisse mischbar; enthält die Mischung auf 10 Theile Anhydrid 1 bis 2 Theile Säure, so scheidet sich β Anhydrid aus; 10 Th. Anhydrid und 5 Th. Säure geben Krystalle von Doppelschwefelsäure. β Anhydrid löst sich nur sehr langsam in Schwefelsäurehydrat.

Auch im Anhydrid der schwefligen Säure löst sich das α Anhydrid leicht. Bei einem Ueberschusse von schwefliger Säure bleibt auch in der Kälte alles gelöst; sind aber beide Anhydride zu gleichen Theilen vorhanden, so scheidet sich das der Schwefelsäure beim Erkalten in der β Modification aus; bei gewöhnlicher Temperatur löst ich das Abgeschiedene wieder, die Mischung siedet bei + 5°.

Schultz-Sellack ist geneigt das β Anhydrid der Schwefel-

säure als eine polymere Modification des α Anhydrides zu betrachten. Aehnliche Veränderungen der physikalischen Eigenschaften, wie wir sie hier gewahren, treten auch bei verschiedenen organischen Verbindungen unter Verdichtung des Moleküles auf. So entsteht z. B. die Cyanursäure, der man der Zusammensetzung ihrer Salze wegen das dreifache Molekulargewicht der Cyansäure beilegen muß, innerhalb gewisser Temperaturen aus dieser und bildet auch bei höherer Temperatur wieder Dämpfe von Cyansäure.

Eine Verbindung von Schwefelsäure mit Salpetersäure hat Rud. Weber dadurch hergestellt, daß er in einen Glaskolben, welcher concentrirte, von nitrösen Dämpfen möglichst freie Salpetersäure enthielt und mit Eis gut gekühlt war, langsam Dämpfe von wasserfreier Schwefelsäure einleitete. Unter starker Wärmeentwickelung trat eine Reaction ein, es schieden sich nach einiger Zeit an den Wandungen Krystalle ab, die sich aber bald wieder auflösten; dann wurde der Inhalt dickflüssig, ölartig und bei einer gewissen Consistenz bildeten sich Krystalle, die noch stark mit Mutterlauge getränkt waren und sorgfältige Trocknung erheischten. Sie waren farblos, leicht zerfließlich und, wie die Analyse ergab, aus $4SO_3$, $N_2O_5,3H_2O$ zusammengesetzt; Weber vermuthet, daß ihre wahre Constitution durch die Formel $SO_3N_2O_5 + 3(H_2SO_4)$ ausgedrückt werde. „Die Existenz dieser Verbindung setzt" nach Weber „außer Zweifel, daß die stärksten Säuren mit einander verbindbar sind; sie zählt zu den vielen anderen Thatsachen, welche die Annahme als unhaltbar erwiesen haben, daß Körper von ähnlichen Fundamentaleigenschaften nur in verhältnißmäßig wenigen Fällen sich vereinigen sollen. Wie dieser Fall erweist, dürfte es vielmehr nur darauf ankommen, die für eine Vereinigung derartiger Körper günstigen Bedingungen herbeizuführen."

Schwefelsäure Fabrikation. Beim Bleikammer-Prozeß dient bekanntlich die Salpetersäure zur Uebertragung des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft an die schweflige Säure. Wenn sich aber die Thätigkeit der Salpetersäure auf diesen Prozeß allein beschränkte, so müßte man mit einem gegebenem Quantum eine unendliche Menge von Schwefelsäure zu erzeugen im Stande sein. Nun stellen sich aber so bedeu-

tende Verluste an Salpetersäure ein, daß man dieselben nicht als zufällig betrachten darf. P. W. Hofmann hat daher den Ursachen derselben auf die Spur zu kommen versucht und ist dabei zu folgenden Resultaten gelangt.

Leitet man schweflige Säure in mit Salpetersäure geschwängerte Schwefelsäure von 58 bis 60° Baumé, so wird die Salpetersäure zu Verbindungen reducirt, welche mit der vorhandenen concentrirten Schwefelsäure die sogenannten Bleikammerkrystalle bilden, ohne daß dabei merkbare Mengen Stickstoffoxydul entstehen.

Wird aber statt der concentrirten Säure eine mit Salpetersäure geschwängerte verdünnte Schwefelsäure, z. B. von 50° B. angewendet, so wirkt die schweflige Säure früher angreifend auf die Salpetersäure und es bildet sich eine nicht unbedeutende Menge Stickstoff oder Stickstoffoxydul, wahrscheinlich weil in diesem Falle keine concentrirte Schwefelsäure vorhanden ist, welche mit den höhern Oxydationsstufen des Stickstoffes Bleikammerkrystalle bilden könnte.

Hofmann hat nun diese Thatsachen für die Praxis der Schwefelsäure-Fabrikation in der Weise zu verwerthen gesucht, daß er in der ersten Kammer, dem sogenannten Tambour, den Dampfstrahl zu verringern anräth, so daß dort Schwefelsäure von 60° B. producirt wird. Sollte durch ein Versehen das spec. Gewicht der Kammersäure sich erniedrigt haben, so muß man dasselbe durch Zusatz von 66° Schwefelsäure wieder auf 60° B. bringen.

Durch Laboratorium-Versuche fand Hofmann die Zweckmäßigkeit seines Vorschlages bestätigt: es war in der That eine viel geringere Menge Salpetersäure zur Herstellung derselben Menge Schwefelsäure nöthig. Anders haben freilich die englischen Praktiker geurtheilt, welche die Brauchbarkeit des vorgeschlagenen Verfahrens bestreiten. Namentlich hat H. B. Gibbins die Behauptung aufgestellt, daß bei Anwendung von Schwefelsäure von 1,676 bis 1,714 spec. Gewicht sich soviel Stickstoffoxyd in derselben löse, daß das Blei der Bleikammern sehr energisch angegriffen werde. Das gelöste Stickoxyd lasse sich nicht entfernen und die concentrirte Schwefelsäure gebe beim Verdünnen rothe Dämpfe von sich, was nicht blos lästig sei, sondern auch einen Verlust an Salpetersäure bedinge.

Zur Verwerthung der salpetrigen Dämpfe, welche bei der Schwefelsäure-Fabrikation entweichen, haben sich R. Heilmann und P. Hart ein Verfahren patentiren lassen, welches darin besteht, daß sie diese Dämpfe durch in Wasser suspendirten Kalk oder Magnesia absorbiren lassen. Dann wird entweder die Flüssigkeit zur Trockne eingedampft und der Rückstand gelinde geglüht, oder die zum Kochen erhitzte Flüssigkeit wird mit Schwefel, oder Salzsäure zersetzt, oder sie wird verdampft, der Rückstand mit Chlormangan (Rückstand von der Chlorentwickelung behufs Darstellung von Chlorkalk) versetzt und gelind geglüht; die sich entwickelnden Dämpfe werden in jedem Falle in die Bleikammer geleitet.

Zur Concentrirung der Schwefelsäure durch Eindampfen bei einer unter ihrem Siedepunkte liegenden Temperatur hat J. Stoddard ein Verfahren mitgetheilt, welches er in seiner Mineralöl-Fabrik zu Uphall in Nordbritannien erprobt zu haben angiebt. Man soll die Säure auf gewöhnliche Weise in einer Bleipfanne bis auf 140 bis 150° erhitzen und dann einen Strom atmosphärischer Luft durchleiten, während mit Hilfe der Pfannenfeuerung die Temperatur auf der angebenen Höhe erhalten wird. Auf diese Weise soll man, ohne die Temperatur viel über 150° C. steigern zu müssen, leicht braune Schwefelsäure von 1,7 spec. Gew. herstellen und ebenso in einer Bleipfanne bei Anwendung einer Temperatur von ungefähr 260° C. concentrirte Säure von 66° Baumé gewinnen können. Friedr. Bode in Freiberg hat indessen verschiedene, wie es scheint nicht unerhebliche Bedenken gegen diese Methode geltend gemacht, die wenigstens detaillirtere Mittheilungen über die Einzelheiten des Verfahrens wünschenswerth erscheinen lassen.

Zur Aufbewahrung und zum Versandt von Schwefelsäure haben sich Balmain und Menzies in England die Anwendung eiserner Gefäße patentiren lassen. Bei Anwendung solcher Gefäße ist aber nöthig, daß die Säure soweit concentrirt sei, daß ihr spec. Gew. mindestens 1,65 beträgt, daß man ferner den Zutritt der Luft abhalte, die das Eisen oxydiren und den Angriffen der Säure zugänglich machen würde, und daß endlich die Säure keine fremden, das Eisen angreifenden Beimengungen habe.

Stickstoff.

Um reinen Stickstoff darzustellen empfiehlt Berthelot, in eine Flasche von 10 bis 15 Liter Inhalt ungefähr 200 Gramm Kupferdrehspäne und soviel Ammoniak zu bringen, daß das Metall theilweise davon bedeckt wird, und die Flasche mit einem Stöpsel zu verschließen, der doppelt durchbohrt und mit einer Sicherheitsröhre sowie mit einer gewöhnlichen Gasleitungsröhre versehen ist. Letztere verschließe man mit einem Kautschuckschlauch und Glasstab oder Quetschhahn und lasse das Ganze 1 bis 2 Tage stehen unter gleichzeitigem Umschütteln. Der Sauerstoff der in der Flasche enthaltenen und der durch die Sicherheitsröhre eindringenden Luft wird vollständig absorbirt und man braucht schließlich das Stickgas nur durch sauerstofffreies Wasser zu verdrängen und mit concentrirter Schwefelsäure zu waschen.

Salpetrige Säure ist von Chabrier im Regenwasser nachgewiesen worden. Aus den Untersuchungen der in St. Chamas, Constantine und Langres gefallenen Niederschläge zieht derselbe den Schluß, daß der Regen, wenigstens in den ersten Monaten des Jahres, salpetrige Säure in Mengen von 0,7 bis 0,8 Milligramm per Liter enthält und gleichzeitig 0,30 bis 0,35 Milligr. Ammoniak neben sehr geringen Quantitäten Salpetersäure. Chabrier spricht in Folge dessen geradenwegs die Ansicht aus, daß der Stickstoff der Luft dem Boden hauptsächlich in Form von salpetriger Säure zugeführt werde.

Phosphor.

Das Verfahren der Phosphorfabrikation, welches Cl. Brisson in Chalons s. Saône angegeben hat, gründet sich auf die vor langer Zeit von Wöhler bemerkte Zersetzung des phosphorsauren Kalkes mit Kieselsäure und Kohle. Auf demselben Principe beruht auch die von Aubertin und Boblique in Vorschlag gebrachte Methode, nur setzt Brisson der Mischung noch Soda hinzu, um ein Doppelsilicat von Natron und Kalk zu erhalten, welches leichter schmilzt, als kieselsaurer Kalk allein. Das Glühen des Gemenges erfolgt in einem aus feuerfesten Steinen gebauten und außen mit Eisenblech bekleideten Schachtofen. Zur Beschickung dient ein gußeiserner

Trichter mit einem die obere Öffnung des Ofens schließenden Kegelventile, das man mittels eines Hebels regulirt. Unten sind Düsen zur Einführung comprimirter Luft, oben Abzugsrohre für die entwickelten, mit Phosphor geschwängerten Gase angebracht; die Rohre führen nach Condensationgefäßen, welche mit Wasser zur Verdichtung des Phosphors gefüllt sind. Nachdem der Ofen erst bis zum Rothglühen erhitzt worden, wird er zunächst bis an die Abzugsröhren mit Brennmaterial gefüllt; weiterhin aber beschickt man ihn mit abwechselnden Schichten von Brennmaterial und den erwähnten Gemengen von phosphorsaurem Kalk, Kieselsäure und wasserfreier Soda. Die bei dem Processe sich bildenden Schlacken werden von Zeit zu Zeit durch einen vom Herde des Ofens ausgehenden, verschließbaren Canal entfernt.

Aufbewahrung des Phosphors. Bringt man eine Phosphorstange in Kupfervitriollösung, so überzieht sie sich rasch mit einer anscheinend sehr dichten und festen Kupferschicht. M. Siewert in Halle hat nun versucht, diesen Umstand zur Aufbewahrung des Phosphors zu benutzen und demselben damit zugleich vor dem Einflusse des Lichtes zu schützen. Frische, ganz durchsichtige Phosphorstangen wurden in eine in der Kälte gesättigte Kupfervitriollösung gelegt, bis nach einigen Tagen fast alles Kupfer reducirt war und sich in Form eines blanken Ueberzuges an ihnen abgesetzt hatte. Dann wurden sie mit Filtrirpapier sorgfältig abgetrocknet und jede in einer Porzellanschale für sich der Luft und dem Licht ausgesetzt. Weder Phosphorgeruch noch Leuchten im Dunkeln war zu bemerken. Als man aber alle Stangen neben und über einander in eine Schale legte, fing nach mehr als achttägigem Liegen an der Luft der Kupferüberzug an in allen Farben zu schillern und nach 14 Tagen waren die Stangen mit einer öligen, sauren Flüssigkeit bedeckt, welche sich als ziemlich reine Phosphorsäure auswies. Unter kaltem Wasser ließ sich der Kupferüberzug ablösen, war aber noch so fest, daß er sich als ein langes Band ordentlich von den Stangen abwickeln ließ. Darunter befand sich eine dünne, schwarze, pulverige Schicht, welche sich unter Wasser nur theilweise von den Fingern abreiben ließ, wobei das Pulver fest an den Fingern hängen blieb. Dieser schwarze Körper bestand aus Phosphorkupfer und Kupfersauerstoffverbindungen

in sehr verschiedenen Verhältnissen. Nachdem dieser Ueberzug durch Abschaben mit einem Messer unter Wasser entfernt worden, zeigten die Phosphorstangen ganz wieder ihre ursprüngliche Durchsichtigkeit. Seit Jahren schon hat Siewert Phosphorstangen mit einer solchen Kupferhaut überzogen, in reinem Wasser in weißen Flaschen aufbewahrt und nach Entfernung der Hülle und Abschaben des schwarzen Ueberzuges völlig durchsichtig erhalten gefunden.

Die Umwandlung gelben Phosphors in die rothe Modification ist von Albert Stiassny auch bei der Verbrennung von Phosphor unter einer Glasglocke beobachtet worden. Bekanntlich geht dabei regelmäßig ein Theil des unverbrannten Rückstandes in amorphen Phosphor über. Wenn man aber unter die Glocke ein Schälchen mit einer Lösung von zweifach chromsaurem Kali stellt, so wird ein Theil der Chromsäure von der phosphorigen Säure, die sich bildet, wenn der Sauerstoff spärlicher wird, zu Chromoxyd reducirt. Diese Reaction ist von einer Grünfärbung der entstehenden Dämpfe begleitet; das zweifach chromsaure Kali geht in das neutrale Salz über und der zurückgebliebene Phosphor setzt sich in dem Schälchen in der rothen Modification ab.

Der schwarze Phosphor ist neuerdings wieder Gegenstand der Untersuchung von Blondlot gewesen. Derselbe hat als wesentlich für die Entstehung dieser Modification gefunden, daß der Phosphor mit einer Spur von Quecksilber entweder destillirt oder auch nur einige Stunden unter Wasser bis auf 100° erhitzt wird. Uebrigens ist der schwarze Phosphor nie homogen, sondern er verdankt seine Farbe lediglich schwarzen, in der ganzen Masse vertheilten Punkten. Beim Schmelzen verschwinden diese, wenn aber im Momente des Erstarrens das Pigment gehörig vertheilt ist, so erscheint die schwarze Farbe beim Erstarren wieder. Durch Behandlung mit Schwefelkohlenstoff, der nur den gewöhnlichen Phosphor löst, läßt sich das Pigment isoliren. Die Menge desselben ist verhältnißmäßig sehr gering. Wenn der schwarze Phosphor durch bloßes Erhitzen oder durch einmalige Destillation mit etwas Quecksilber dargestellt wird, so erhält er immer eine Spur von Quecksilber, bei wiederholter Destillation verschwindet dieses, ohne daß die schwarze Farbe verschwindet. Es scheint hiernach das Queck-

silber nur katalytisch zu wirken. Von dem amorphen Phosphor, mit dem das Pigment sonst manche Aehnlichkeit hat, unterscheidet es sich wesentlich durch seine Flüchtigkeit, welche die des gewöhn- Phosphors noch übertrifft. Bei fractionirter Destillation geht zuerst das dunkelste Product über, während die zuletzt über- gehenden Tropfen meist farblos sind.

Das Leuchten des Phosphors ist von W. Müller in Perleberg genauer studirt worden. Das Leuchten findet nur bei Gegenwart von Sauerstoff statt; in Wasserstoff, dem der beigemengte Sauerstoff durch Eisenoxydul entzogen wurde, leuchtet der Phosphor nicht. Der Sauerstoff verbindet sich aber nach Müller nur bei vermindertem Drucke mit dem Phosphor und bringt denselben zum Leuchten. Um dies nachzuweisen und den Grad der zum Leuchten nothwendigen Verdünnung kennen zu lernen, wurde feuchter Phosphor bei einer Temperatur von 10 bis 11°C. mit möglichst reinem Sauerstoff in einer Glasröhre durch Quecksilber abgesperrt, so daß durch Heben und Senken der Druck beliebig geändert werden konnte. Das Quecksilber im Innern der Glasröhre wurde 12 Stunden lang unverän- dert 30 Centimeter über dem Niveau des äußeren Quecksilbers erhalten, ohne daß eine Einwirkung stattfand; auch bei 32 Centi- meter Niveauunterschied zeigte sich eine solche nicht, bei 33 Centimeter aber begann sehr bald die Nebelbildung. Abkühlung brachte den leuchtenden Phosphor zum Erlöschen, beim Wiederher- stellen der früheren Temperatur stellte sich auch das Leuchten wieder ein. Berücksichtigt man die Spannung des mit dem Sauerstoffe gemengten Wasserdampfes, so ergiebt sich, daß der Phosphor zu leuchten beginnt, wenn der Sauerstoff um unge- fähr $^4/_5$ des ursprüngliches Volumens ausgedehnt ist.

Auch das vom Phosphor abfiltrirte Wasser zeigt beim Durch- leiten von sauerstoffhaltigem Wasser deutliches Leuchten, was Müller als Beweis für die Löslichkeit des Phosphors im Wasser anführt.

Als zu Stickstoff, der durch Erhitzen von Phosphor aus atmosphärischer Luft gewonnen worden war, die vier- ja fünf- fache Menge Sauerstoff zugesetzt wurde, vermochte er doch nicht den Phosphor zum Leuchten zu bringen; Stickstoff dagegen, der durch langsame Verbrennung von Phosphor in atmosphärischer Luft erhalten worden war, bewirkt, wenn er mit $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$

oder dem gleichen Volumen Sauerstoff gemengt wurde, sofort das Leuchten des Phosphors. Müller sucht das abweichende Verhalten des zuerst erwähnten Stickstoffes durch Anwesenheit von Phosphorwasserstoff zu erklären; ein Zusatz solchen Stickstoffes zu atmosphärischer Luft, in welcher Phosphor leuchtete, bewirkte das baldige Erlöschen des Letzteren.

Mengt man nahezu gleiche Volumina chlorfreien reinen Sauerstoffes und atmosphärischer Luft, so bringt das Gemenge den Phosphor zum Leuchten und es entstehen Nebel. Als aber noch mehr Sauerstoff zugesetzt wurde, so daß ungefähr zwei Volumina desselben auf ein Volumen Stickstoff kamen, so hörte die Einwirkung auf Phosphor völlig auf. Es wurde dann soviel Luft zugesetzt, daß das Leuchten wieder begann; eine geringe Abkühlung der Glasröhre durch Wasser unterbrach dasselbe, ein schwaches Erwärmen mit der Hand rief es wieder hervor. Es zeigte sich, daß jetzt 9 Volumina Stickstoff auf 13,3 Volumina Sauerstoff kamen oder ungefähr 1 : 1,5 bei einer Temperatur von 17 $^1/_2$ ° C. Ungefähr dasselbe Verhältniß ergab sich auch beim Mengen reinen Stickstoffes mit Sauerstoff.

Wasserstoff im Verhältnisse 1 : 1,5 mit Sauerstoff gemengt, brachte kein Leuchten hervor, es waren vielmehr gleiche Volumina beider Gase nöthig.

Hinsichtlich des Einflusses der Körper, welche das Leuchten des Phosphors bei Gegenwart von hinlänglichem Sauerstoff hindern, findet sich Müller durch seine hierauf bezüglichen, mit Leuchtgas angestellten Versuche zu der Ansicht gedrängt, daß die Anziehung dieser Stoffe zum Phosphordampf die Oxydation desselben und damit das Leuchten verhindert.

Als Gegenmittel bei Phosphorvergiftungen (vergl. Bd. III des Jahrb., S. 317) ist zuerst im J. 1868 von einem französischen Arzte, Andant in Dax (Dep. des Landes) das Terpentinöl erkannt worden. In England scheint man wenigstens die Wirkung der Dämpfe des Terpentinöles in dieser Hinsicht schon seit längerer Zeit benutzt zu haben, denn Andant berichtet, daß dort in mehreren Streichholzfabriken die Arbeiter offene, Terpentinöl enthaltene Fläschchen auf der Brust tragen, und so genöthigt sind, die Dämpfe fortwährend einzuathmen. Auch weiß man schon lange, daß Terpentinöldämpfe das Leuchten des Phosphors an der Luft verhindern.

Die antidotarische Wirkung des Terpentinöles wurde zunächst von Personne in Paris und später auch von Andern bestätigt. Köhler und Schimpf fanden, daß gewöhnliches, d. h. sauerstoff- und wasserhaltiges Terpentinöl ein wirksames Gegengift gegen Phosphor sei: von 25 Versuchsthieren, welche neben 0,006 bis 0,09 Grm. Phosphor bis zu 4,5 Grm. solchen Terpentinöles erhielten, ging keines an Phosphor zu Grunde, bei der Section fanden sich keine Spuren von Verfettung oder anderen Folgen der Phosphorvergiftung vor, auch gelang es nach Blondlot-Neubauer nicht, Phosphor im Koth oder Harn nachzuweisen. Die Wirkung des sauerstoffhaltigen Terpentinöles beruht darauf, daß dasselbe mit dem Phosphor eine schon früher von Jonas beschriebene unschädliche Verbindung eingeht, welche durch den Harn aus dem Körper ausgeschieden wird. Nach Köhler kann man sie herstellen, wenn man 2 Pfd. gewöhnlichen Terpentinöles in einem Kolben im Sandbade auf 40° C. erwärmt und dann nach und nach 1½ Loth Phosphor einträgt, mit der Vorsicht, den Kolben vom Sandboden zu entfernen, wenn der Phosphor geschmolzen ist, und zu schütteln. Beim Erkalten scheidet sich überschüssiger Phosphor ab, der schnell roth wird und außerdem erhält man noch eine krystallinische, wallrathähnliche Masse, welche man durch Lösen in Alkohol vom Phosphor trennen kann. Die Mutterlauge giebt beim freiwilligen Verdunsten noch mehr von dieser krystallinischen Masse und erstarrt zuletzt vollständig. Die Krystalle werden dann abgepreßt. Sie sind von weißer Farbe, reagiren sauer, werden an der Luft schnell klebrig und verwandeln sich in eine nach Kienöl riechende harzige Masse, in welcher Phosphorsäure direct nachweisbar ist. Ueber 50° C. erhitzt, zerschmilzt die Verbindung unter Zersetzung zu einer gelblichen Harzmasse, bei einer Temperatur über 40° C zersetzt sie sich im Wasserstoffstrome unter Entwickelung selbstentzündlichen Phosphorwasserstoffgases. In Alkohol, Aether, Petroleumäther, Benzol und Alkalien ist sie löslich, mit Erden und Akalien bildet sie unlösliche Salze. Kaninchen und Hunde vertragen 0,03 bis 0,3 Gramm der Verbindung (in Alkohol gelöst), ohne daß Vergiftungserscheinungen eintreten; nur die Körpertemperatur sinkt. Der Harn solcher Thiere riecht eigenthümlich campherartig, nicht nach Veilchen, wie sonst bei Einbringung von Terpentinöl in den Körper; beim Destilliren geht die Verbindung

in das alkalisch reagirende Destillat über. Letzteres scheidet aus Silberlösung metallisches Silber ab und reducirt Sublimat zu Calomel; bleibt das Destillat wochenlang an der Luft stehen, oder behandelt man es mit oxydirenden Substanzen, so kann man nachher Phosphorsäure in demselben nachweisen. Aehnlich verhält sich auch der Harn von Thieren, die mit Phosphor vergiftet und mit Terpentinöl behandelt worden sind.

Köhler nennt die beschriebene Verbindung terpentinphosphorige Säure und giebt ihrer Barytverbindung die Formel $C_{20} H_{15} PO_2 Ba$.

Ob auch chemisch reines Terpentinöl ein Antidot gegen Phosphor abgiebt, ist noch näher zu untersuchen.

Ein Verfahreu zur Gewinnung von Phosphorsäure aus Eisenschlacken ist von J. Hargreaves angegeben worden. Man erhält dabei die Phosphorsäure in Form von Kalk- oder Magnesiasuperphosphat oder von dreibasischem Alkalisalze. In der Schlacke, welche bei der Verarbeitung des Roheisens in Stahl mit Salpetersäure abfällt, ist die Phosphorsäure an Eisen gebunden. Man schmilzt die Schlacken mit Kalk (oder Magnesia) und zwar geschieht der Zusatz, um Brennmaterial zu sparen, am besten während des Puddelns oder am Ende der Operation, ehe die Schlacke abgelassen wird. Dann röstet man die letztere, wodurch das frei gewordene Oxydul sich höher oxydirt, was zur Folge hat, daß bei der nun folgenden Behandlung mit verdünnter kalter Salzsäure das Eisen mit der Kieselsäure zurückbleibt, während der phosphorsaure Kalk ausgezogen wird. Statt dessen kann man auch die Schlacke selbst mit Salzsäure behandeln, wobei der größte Theil der Kieselsäure ungelöst zurückbleibt, worauf Kalk oder Chlorcalcium zur Sättigung der Phosphorsäure zugesetzt wird. Man dampft dann in einem Reverberirofen zur Trockne ein, wobei Salzsäure entweicht, welche man condensiren kann; alsdann erhitzt man die Masse bis zur Rothgluth und zieht nun den phosphorsauren Kalk mit verdünnter Salzsäure aus. Will man beim Trocknen der Masse Chlor statt der Salzsäure gewinnen, so muß man das Trocknen in einem geschlossenen Raume vornehmen und etwa bei der Temperatur des schmelzenden Zinkes trockene Luft darüber leiten; das Chlor wird dabei frei und es entsteht Eisenoxyd. Auf diese Weise kann

in ökonomischer Weise die Darstellung von Chlorkalk mit der Gewinnung von Phosphor und reinem Eisenoxyd verbunden werden; man erspart bei der erwähnten Gewinnungsmethode des Chlors den Braunstein und erhält doppelt soviel Chlor aus der Salzsäure als mit Anwendung von Braunstein.

Phosphorsaures Natron erhält man nach Hargreaves, indem man die fein gepulverte Schlacke mit viel überschüssiger Natronlauge behandelt, so daß alle Phosphorsäure gelöst wird. Mit der gewonnenen Flüssigkeit behandelt man dann eine neue Menge Schlacke im Ueberschuß, aus der die Phosphorsäure nur zum Theil extrahirt wird; diese zweite Schlackenmenge wird dann mit Natronlauge im Ueberschuß behandelt ꝛc. Die erschöpfte Schlacke erhält noch alle Kieselsäure und hat auch Natron — oft 20 Proc. — aufgenommen. Diese Schlacke kann zur Beschickung der Puddelöfen verwendet werden, sie befördert die Umwandlung des Phosphors im Roheisen in Phosphorsäure; nur bildet ihr Kieselsäuregehalt in sofern einen Uebelstand, als diese Säure einen großen Theil der Basen der Schlacke sättigt. Deshalb löst Hargreaves lieber die Schlacke in Salzsäure, dampft zur Trockne ein und behandelt den Rückstand von phorphorsaurem Eisen und Eisenoxyd mit Natronlauge, wobei Eisenoxyd zurückbleibt.

Auch aus Eisenerzen, welche die Phosphorsäure hauptsächlich als Kalksalz, als Ueberrest untergegangener Thiere, enthalten, kann dieselbe gewonnen werden. Zu dem Zwecke röstet man dieselben, um das Eisenoxyd unlöslich zu machen, zerschlägt sie dann in Stücke von ungefähr 2 Cubikzoll Größe und läßt sie mit kalter verdünnter Schwefelsäure überrieseln, welche das Phosphat löst.

Bei diesen Processen könnte hauptsächlich diejenige Salzsäure Verwendung finden, welche bei der Fabrikation von Bleichsalzen und bei anderen Industriezweigen übrig bleibt. Die Menge derselben ist sehr bedeutend, alle Akaliwerke lassen nach Hargreaves förmliche Bäche Salzsäure ablaufen. Sollte eine Preissteigerung der Salzsäure ihre Gewinnung — statt der Chlorbereitung — wünschenswerth machen, so stünde dem nichts im Wege; auch der Production des phosphorsauren Natrons wird durch die Natrongewinnung kaum eine Schranke gezogen werden. Nur der Arsensäuregehalt der Salzsäure könnte ein

Hinderniß bilden; aber die Alkalirückstände liefern hinlänglich viel Schwefelcalcium, um das Arsen mittels Schwefelwasserstoff abzuscheiden und das gewonnene Operment würde auf jeden Fall die Kosten decken. Andererseits ist die Menge Phosphorsäure, die auf diese Weise gewonnen und namentlich für Zwecke der Landwirthschaft nutzbar gemacht werden kann, eine äußerst beträchtliche. In Cleveland werden jährlich 1½ Millionen Tons Eisen hergestellt; wenn der Phosphorgehalt desselben auch nur zu 1¼ Proc. angenommen wird, so macht dies 42943 Tons Phosphorsäure aus, fast soviel als in 3½ Millionen Tons Weizen enthalten sind.

Eine Methode zur Entfernung und Verwerthung der Phosphorsäure aus Eisenerzen ist auch von Julius Jacobi, Hüttendirector zu Kladno (Böhmen) angegeben und schon seit mehreren Jahren mit gutem Erfolge im Großen in Anwendung gebracht worden. Dieselbe besteht in der Behandlung der Erze mit schwefliger Säure. Die Erze werden, wenn sie sehr dicht sind, pulverisirt, wenn sie Schwefelkies oder Kohlensäure enthalten, geröstet, bei poröser Beschaffenheit aber bedürfen sie keiner besondern Aufbreitung. Dann werden sie mit einer wässerigen Lösung von schwefliger Säure oder auch mit gasförmiger schwefliger Säure unter gleichzeitiger Zuführung kalten Wassers behandelt. Bei letzterem Verfahren, welches besonders bei porösen Erzen vortheilhaft ist, erfolgt die Absorption der schwefligen Säure durch das Wasser in den Erzen selbst. Wenn die Flüssigkeit hinlänglich lange auf den Erzen gestanden hat, wird sie abgelassen und das Erz mit Wasser sorgfältig ausgewaschen. Die erhaltene Lauge wird dann erhitzt, um die Säure zu vertreiben. Dabei scheidet sich immer ein Theil der Phosphorsäure ab; um sie ganz zu erhalten, setzt man gebrannten Kalk zu und läßt stehen, bis aller Niederschlag sich abgesetzt hat. Derselbe wird dann, nach Ablassen der klaren Flüssigkeit, ausgehoben und bildet ein besonders für die Landwirthschaft werthvolles Product, dessen Erlös in vielen Fällen einen großen Theil der Manipulationskosten deckt, während der Hauptnutzen des Verfahrens in der Verbesserung des aus den Erzen gewonnenen Eisens besteht.

Unterphosphorige Säure stellt man nach R. Böttger dar, indem man eine tiefe Porzellanschale, die einige

Stückchen Phosphor enthält, mit Wasser füllt, dann ungefähr das Dreifache vom Gewichte des Phosphors Barythydrat zusetzt, erwärmt und das Ganze einige Stunden auf einer Temperatur von ungefähr 90° C. erhält. Dabei entwickelt sich fortwährend und ganz gefahrlos selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas; sollte diese Entwickelung nachlassen, so müßte man noch etwas Barythydrat zusetzen; außerdem muß man von Zeit zu Zeit etwas Wasser zum Ersatz des verdampften zugießen. Wenn die Gasentwickelung aufhört, läßt man erkalten, bringt den Inhalt auf ein Papierfilter und setzt zu dem Filtrat, um sämmtlichen Baryt zu fällen, einen kleinen Ueberschuß von Schwefelsäure, filtrirt dann nochmals durch ein doppeltes Filter und erhält, wenn man genug Schwefelsäure zugesetzt hat, ein ganz wasserhelles Filtrat. Dieses schüttelt man einige Minuten lang mit etwas feingeriebenem kohlensaurem Bleioxyd, filtrirt nochmals und leitet dann einen Strom von Schwefelwasserstoffgas durch, wodurch Schwefelblei abgeschieden wird. Durch Abfiltriren erhält man dann eine wässrige Lösung von unterphosphoriger Säure, welche man behufs ihrer Condensirung vorsichtig abdampft.

Will man unterphosphorigsauren Baryt, das am leichtesten krystallisirbare Salz erhalten, so leitet man, nachdem die Phosphorwasserstoffgasentwickelung aufgehört hat, einen Strom von Kohlensäure durch die Flüssigkeit, um den überschüssigen Baryt an Kohlensäure zu binden und auszuscheiden; weil aber überschüssige freie Kohlensäure den neutralen kohlensauren Baryt auflöst, so muß man die Flüssigkeit nach dem Einleiten der Kohlensäure erst noch einige Zeit hindurch ins heftigste Sieden bringen und dann erst filtriren, worauf man das Filtrat bis zum Krystallisationspunkte abdampft.

Kohlenstoff.

Klingende Kohle. Bei seinen weiter unten zu erwähnenden Untersuchungen über die Darstellung des Schwefelkohlenstoffes fand Th. Sidot, daß Kohle bei starker Rothgluth den Schwefelkohlenstoff zersetzt. Er behandelte nun, um das Verhalten verschiedener vegetabilischer Stoffe näher zu prüfen, zunächst kleine Holzstückchen in einer Porzellanröhre mit Schwefelkohlenstoff, den er bei gewöhnlicher Temperatur einleitete, worauf er die Röhre erhitzte und etwa eine Stunde lang in

der Rothgluth erhielt. Nach dem Erkalten fand er eine Kohle, die in ihrem physikalischen Verhalten von der gewöhnlichen ganz verschieden war. Die auffälligste Eigenschaft dieser Kohle ist ihr heller Klang, der ganz dem der klangreichsten Körper, wie Stahl, Silber, Aluminium ꝛc. gleicht. Man nimmt ihn am besten wahr, wenn man ein Stück an einen Faden aufhängt und daran schlägt. Ferner hat diese Kohle eine große Leitungsfähigkeit für Wärme und Elasticität und kann deshalb mit Nutzen in der Bunsen'schen Zinkkohlenkette verwendet werden; aus derselben gefertigte Stifte geben ein besonders helles elektrisches Licht. Beim Erhitzen verbreitet sich, wie bei den Metallen, die Wärme über die ganze Masse, und das ganze Stück wird glühend, es verbrennt nicht eine Ecke für sich; vom Feuer weggenommen, erkaltet sie rasch. Es kann diese Kohle im Betracht ihrer Leitungsfähigkeit als in Koks umgewandelte Holzkohle bezeichnet werden. Man kann sie aus den verschiedensten Holzarten, wie Buchsbaum, Hagebuche, Lilak, Flieder, Korkbaum gewinnen; den schönsten Klang hat die Kohle aus harten Hölzern. Auch Leinen, Hanf, Baumwolle, Papier lieferten ähnliche Kohle wie Holz.

Schwefelkohlenstoffbereitung. Um den Einfluß, den die Temperatur bei der Schwefelkohlenstoffbereitung auf die Ausbeute äußert, kennen zu lernen, leitete Th. Sidot je 40 Grm. Schwefeldampf über 10 Grm. ausgeglühter Holzkohle, die sich in einem Porzellanrohr befand, und erhielt

bei dunkler Rothgluth	17	Gramm	Schwefelkohlenstoff,	
„ mittler „	29	„	„	
„ heller „	19	„	„	

Diese Versuche zeigen, daß eine zu geringe Ausbeute nicht blos, wie gewöhnlich angenommen wird, die Folge einer zu niedrigen Temperatur ist, sondern auch von zu starker Erhitzung herrühren kann. Der Schwefelkohlenstoff zersetzt sich nämlich, wie schon früher Berthelot nachgewiesen hat, nach Analogie des Kohlenoxydgases, wenn er bei hoher Temperatur über Kohle geleitet wird, indem der Kohlenstoff sich auf der stark erhitzten Kohle absetzt. Bei Versuchen, welche Sidot in dieser Hinsicht anstellte, hatte sich ein großer Theil des abgeschiedenen Schwefels mit dem Silicium der Kieselsäure des Porzellanrohres zu schön krystallisirtem Schwefelsilicium verbunden, während der Kohlenstoff die inneren Wände des Rohres auskleidete.

Zur Reinigung des Schwefelkohlenstoffes räth Sidot, denselben zu destilliren, dann 500 Grm. des Destillates in einer etwa 1/2 Liter fassenden Flasche mit ungefähr 500 Grm. Quecksilber zu schütteln, alsdann sowohl den Schwefelkohlenstoff als das Quecksilber durch Filtriren von dem abgeschiedenen Schwefelquecksilber zu trennen, dann den Schwefelkohlenstoff und das Quecksilber wieder mit einander zu schütteln und so fortzufahren, bis das Quecksilber seine blanke Oberfläche unverändert beibehält. Der Schwefelkohlenstoff hat dann seinen widerlichen Geruch ganz verloren und riecht wie reiner Aether. Die Bildung von Schwefelquecksilber beim Schütteln des Schwefelkohlenstoff mit Quecksilber ist ein äußerst empfindliches Reagenz auf freien Schwefel im ersteren.

Starrer Schwefelkohlenstoff ist von V. Wartha dargestellt worden. Leitet man auf die Oberfläche des in einem Glasgefäße befindlichen Schwefelkohlenstoffes einen kräftigen Strom trockener Luft, so schlägt sich, während ein in die Flüssigkeit tauchendes Thermometer noch einige Grade über 0° zeigt, an den innern Wänden des Gefäßes und an dem aus der Flüssigkeit herausragenden Theile des Thermometers eine schneeige Kruste von festem Schwefelkohlenstoff — nach C. Duclaux ein Hydrat desselben — nieder; dabei sinkt die Temperatur bis — 17 oder —18°. Jetzt bilden sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit blumenkohlartige, weiße Massen, welche das Luftzuleitungsrohr bald verstopfen, wenn es nicht weit genug ist, und bald ist alle Flüssigkeit verschwunden; dabei beginnt das Thermometer bis etwa —12° C. zu steigen, bei welcher Temperatur es constant bleibt, so lange noch Schwefelkohlenstoff vorhanden ist.

Das feste Kohlenstoffsulfid hält sich verhältnißmäßig lange bei gewöhnlicher Temperatur, zeigt einen eigenthümlichen aromatischen Geruch und soll schwerer entzündlich sein, als im flüssigen Zustande. Beim Anblasen mit einem kräftigen Luftstrom und ebenso beim Berühren mit Metallen, namentlich mit Kupfer, schmilzt es viel rascher, als für sich allein in gläsernen oder Porzellan-Gefäßen bei gewöhnlicher Temperatur.

Nach Wartha eignet es sich vortrefflich znr Herstellung von Eis für Labatoriumzwecke. Man hat nur nöthig, dem in einer Glasflasche befindlichen Wasser einige Cubikcentimeter

Schwefelkohlenstoff zuzusetzen und mittels des Tretblasebalges einen kräftigen Luftstrom durchzutreiben. Das Wasser erstarrt dann in kurzer Zeit und bei Anwendung von zu wenig Schwefelkohlenstoff kommt es wohl vor, daß auch dieser erstarrt, in welchem Falle die Temperatur der Masse bis auf — 13° sinken kann.

Bläst man auf Schwefelkohlenstoff, der bei gewöhnlicher Temperatur durch einen starken Luftstrom verdampft wird, mit der Spritzflasche einen feinen Wasserstrahl, so gefriert jeder Wassertropfen momentan bei der Berührung mit dem Schwefelkohlenstoff.

In kleinem Maßstabe gelingen solche Versuche noch viel leichter und schneller. Bringt man z. B. 5 bis 10 Cubikcentimeter Schwefelkohlenstoff auf ein flaches Uhrglas, welches man aber nur an den Rändern mit den Fingern berühren darf, und bläst, während man es schwenkt, einige Minuten lang kräftig darauf, so erstarren 15 bis 20 Proc. der Flüssigkeit. Legt man in ein mit Kohlensulfid gefülltes Uhrglas, das dem Luftzuge ausgesetzt ist, einen porösen Körper, z. B. ein Bäuschchen Werg oder Baumwolle, so erstarrt ein großer Theil der Flüssigkeit.

Wie beim Erstarren der Kohlensäure ist es hier die rasche Verdunstung der Flüssigkeit, welche das Festwerden bewirkt.

Silicium.

Ueber die Anwendung der amorphen Kieselsäure in der Färberei, zum Fixiren der Farbstoffe, hat M. Reimann in Berlin interessante Mittheilungen veröffentlicht. Die Kieselsäure, welche sich auf Zusatz von Säuren aus einer Wasserglaslösung in Form einer Gallert abscheidet und nach dem Trocknen ein unfühlbares weißes Pulver bildet, hat in hohem Grade die Eigenschaft, substantive (ohne Beize wirksame) Farbstoffe aus ihren Lösungen aufzunehmen und bei Berührung mit adjectiven Farben nach vorhergegangener Beizung sich genau so zu färben, wie es die textile Faser thut. Die auf diese Weise erhaltenen Färbungen sind mindestens ebenso beständig, wie die auf Baumwolle erzeugten. Besonders vereinigen sich die verschiedenen Anilinfarben sehr leicht mit der Kieselsäure,

wenn man letztere in eine Lösung des Farbstoffes schüttet; es lassen sich auf diese Weise schön gefärbte Pulver herstellen, die als Anstrich- und Tapeten-Druckfarben Verwendung finden könnten.

Von größerer Bedeutung ist das Verhalten der Kieselsäure gegen die Farben für die Färberei. Mit Hilfe der Kieselsäure ist es leicht, substantive Farben auch auf solchen Farbstoffen zu fixiren, welche dieselben nicht leicht direct aufnehmen. Dies gilt namentlich von der Fixirung der Anilinfarben auf Baumwolle. Schon ein bloßes Durchnehmen durch eine Lösung von Wasserglas und Imprägniren mit dieser Verbindung macht die Baumwollfaser zur Aufnahme substantiver Farbstoffe fähig. Diese Eigenschaft tritt aber in noch höherem Grade hervor, wenn man das Wasserglas durch Eintauchen des Stoffes in verdünnte Säure zersetzt und die Kieselsäure in der Faser abscheidet: Wäscht man nach dem Eintauchen gut aus und taucht dann die Baumwolle in die Farbstofflösung, so färbt sie sich lebhaft und frisch und noch dazu echter, als es bisher bei Anwendung der mannigfachsten Beizmittel der Fall war. Die Beizung der Baumwolle für Anilinfarben hat bekanntlich den Zweck, eine Säure auf die Faser zu bringen, mit welcher das Rosanilin, Trimethylrosanilin ꝛc. Salze bildet, welche nur schwierig oder gar nicht löslich sind. Besonders beliebt ist zu diesem Zwecke die Gerbsäure. Allein die Verbindungen derselben haben nicht die frische Färbung, wie die ursprünglichen Farbstofflösungen und die Färbungen mit Gerbsäurebeize fallen immer etwas matt aus. Diesem Uebelstande wird durch die Anwendung von Kieselsäure abgeholfen. Außerdem sind auch, wie erwähnt, die mit Kieselsäure auf Baumwolle fixirten Anilinfarben echter als die mit Anwendung anderer Beizmittel erhaltenen Färbungen, sie widerstehen besser den Alkalien und Seifenlösungen. Die große Kraft der Kieselsäure, Farbstoffe anzuziehen und festzuhalten, wurde auch ihrem vollen Werthe nach gewürdigt, als man erkannte, daß Wolle, ganz im Gegensatze zu ihrem Verhalten gegenüber andern Farbstoffen, nicht im Stande war, das Anilingrün aufzunehmen. Auch hier führte eine Passage durch Wasserglas, Färben mit lauwarmer Grünlösung und Durchnehmen durch eine Säure zum Ziele. Bei der Färbung der Baum-

wolle wird diese Eigenschaft der Kieselsäure schon vielfach und mit gutem Erfolge im Großen aufgewandt.

Reimann hat auch das Verhalten der Kieselsäure gegen adjective Farben untersucht und gefunden, daß dieselbe die verschiedensten Beizen — essigsaure Thonerde, essigsaures Eisenoxyd — ganz in derselben Weise aufnimmt, wie die vegetabilische Faser, z. B. die Baumwolle. So gelangen Schwarzfärbungen u. s. w. auf verschiedene Art.

Dieselben Färbungen, welche die Kieselsäure annimmt, vermag man auch auf Glas herzustellen, dessen Oberfläche durch Kieselflußsäure matt geätzt ist. Es beweist diese Thatsache, daß die Kieselsäure durch Flächenanziehung bindend auf die Farbstoffe einwirkt, und daß die Fixirung der letzteren nicht von einem geringen Gehalte der Kieselsäure an Alkali von der Fällung herrührt, wie man vielleicht auf Grund der Beobachtung, daß auch mit alkalischer Beizung Anilinfarben auf Baumwolle fixirbar sind, glauben könnte.

Zinn.

Den Untersuchungen von C. Rammelsberg zufolge ist das Zinn dimorph.

Es kommt in einer noch nicht bestimmten, vielleicht tesseralen Form mit dem Volumgewichte 7,29 vor, wenn es vorher geschmolzen worden ist. Wie Fritzsche gezeigt hat, zerfällt es bei niedriger Temperatur (vergl. Jahrg. V dieses Jahrb., S. 284) und dieses zerfallene Zinn bildet die zweite, tetragonale Form mit dem Volumgewichte 7,14—7,18. In derselben Form scheidet sich das Zinn auch ab bei der Zersetzung von Zinnchlorür durch einen schwachen Strom. Das Verhältniß der Volumgewichte dieser beiden Formen ist hiernach 100:98,6; bei den beiden Formen des Schwefels, rhombisch und monoklinoëdrisch, ist dasselbe 100:98,6 und bei den beiden Formen des kohlensauren Kalkes, Arragonit und Kalkspath, 100:93,1.

In Bezug auf das von Fritzsche beobachtete Zerfallen des Zinnes in der Kälte hat Paul Lewald geltend zu machen gesucht, daß nur Zinn, welches in Blockformen gegossen ist, dieses Verhalten zeigt. Gießt man eine Zinnstange von etwa einem Quadratzoll Querschnitt, läßt dieselbe einmal durch ein

Vorkaliber eines Rundeisen-Walzwerkes gehen und schneidet dann ein beliebiges Stück ab, so kann man dieses einer Kälte von — 40° C. und noch darüber aussetzen, ohne daß das Zinn zerfällt. Den Grund des Zerfallens sucht Lewald in der mit abnehmender Temperatur wachsenden inneren Spannung der Zinnblöcke. Gießt man einen solchen Block von der gewöhnlichen Handelsgröße von etwa 250 Cubikzoll in eine Eisenform, so sinkt beim Erstarren die Oberfläche ein und unter ihr bilden sich Hohlräume, die bis 40 Cubikzoll betragen können. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, daß das Zinn nur im Innern, wo die Masse länger flüssig bleibt, seinem Streben zu schwinden folgen kann; auch gegen die Mitte der Flächen hin, nicht aber an den Ecken und Kanten kann das Schwinden stattfinden. Damit aber das im Handel vorkommende Blockzinn ein hübscheres Aussehen hat, gießt man die Formen blos halbvoll und erst nach dem Erstarren gießt man neues Zinn hinzu. Dadurch wird die innere Spannung noch vermehrt, weil nun auch die Krystalle an der Oberfläche am Schwinden verhindert werden.

Verzinnen. Ein einfaches Verfahren, um Kupfer, Messing und Eisen auf kaltem Wege mit einem dünnen, aber festhaftenden Zinnüberzuge zu versehen, ist von Franz Stolba in Prag angegeben worden. Man stellt sich eine 5—10 procentige Lösung von Zinnsalz — einfach Chlorzinn — her, der man eine Messerspitze Weinsteinpulver zusetzt, taucht einen Lappen in diese Lösung und überstreicht damit die zu verzinnende Fläche, welche vorher sorgfältig zu reinigen, namentlich von Fettflecken und Oxyd zu befreien ist. Dann nimmt man einige Messerspitzen Zinkpulver und breitet dasselbe auf einer Glastafel aus. Im Nothfalle kann man käuflichen Zinkstaub (Zinkgrau) nehmen, besser ist es aber, sich das Zinkpulver herzustellen, indem man etwas Zink schmilzt, in einen vorher angewärmten Eisenmörser gießt, gleich nach dem Erstarren pulvert, was sehr leicht geschieht, und schließlich durch ein Sieb das Feinere absondert. Von dem Zinkpulver wird eine Quantität mit den erwähnten Lappen aufgenommen und mit kräftigem Reiben auf die zu verzinnende Metallfläche aufgetragen. Augenblicklich erscheint die Verzinnung, und um den Gegenstand recht gleichmäßig zu verzinnen, hat man nur nöthig, das Läppchen abwechselnd in die Zinnlösung

zu tauchen, frisches Zinnpulver zu fassen und das Object zu bestreichen. Kleinere Objecte werden auf diese Weise in 1—2 Minuten verzinnt. Man spült dann mit Wasser ab und putzt mit Schlämmkreide. Stolba benutzt dies Verfahren, um die im Laboratorium des Böhmischen Polytechnicums befindlichen Eisen-, Stahl- und Kupfergegenstände vor dem Rosten zu schützen.

Eisendraht verzinnt Daubié in Blanc-Murger (Dep. des Vosges) auf kaltem Wege wie folgt. Zu 100 Liter Wasser werden 3 Kilogr. Roggenmehl zugesetzt, das Ganze wird 1/2 Stunde lang zum Sieden erhitzt, dann läßt man absetzen oder filtrirt. Zur klaren Lösung werden dann 106 Kilogr. phosphorsaures Natron, 17 Kilogr. krystallisirtes Zinnchlorür (Zinnsalz), 67 Kilogramm „neutrales" Zinnchlorür und 100—120 Kilogramm Schwefelsäure zugesetzt. Die Flüssigkeit wird hierauf in 8—10 hölzerne Tröge vertheilt, in deren ersten man sie auch etwas verdünnen kann, und dann läßt man den Draht der Reihe nach durchgehen.

Wendet man statt der Zinnsalze ein Gemisch von Cyankalium und Cyansilber an, so kann man in diesem Bade Eisendraht in der Kälte versilbern.

Zum Verzinnen von Nägeln und anderen kleinen Gegenständen wenden J. Edridge und J. Merret in Birmingham ein kugelförmiges gußeisernes Gefäß an, welches in einem Ofen, um eine horizontale Achse drehbar, gelagert ist. Als Achse dient einerseits ein massiver Zapfen, der mit einer Riemenscheibe zur Umdrehung des Gefäßes verbunden ist, andrerseits ein hohler Cylinder, durch den die Gegenstände in das Gefäß eingebracht werden. Drei Viertel der Innenfläche des letzteren sind mit kleinen angegossenen Vorsprüngen versehen. Die Gegenstände werden durch den erwähnten cylindrischen Ansatz eingebracht und genügend erwärmt; dann giebt man die nöthige Menge Zinn dazu und streut mittels eines durchlöcherten Löffels Salmiakpulver darüber. Indem das Umdrehungsgefäß — sei es durch Handarbeit oder mittels eines Motors — in Rotation versetzt wird, erwärmt man die Gegenstände gleichmäßig und verbreitet das Zinn und den Salmiak gleichmäßig auf ihnen. Die Vorsprünge auf der Innenseite befördern dabei ein recht tüchtiges Durcheinanderschütteln.

Wenn die Verzinnung fertig ist, läßt man das Gefäß so, daß der von Vorsprüngen freie Theil unten liegt, zur Ruhe kommen und zieht die Gegenstände mit einer Krücke heraus, worauf sie auf ein horizontales Sieb mit hin- und hergehender Bewegung fallen und dann zur Abkühlung in ein Wassergefäß geschleudert werden. Bei hakenförmigen Gegenständen, Fischangeln ꝛc. wendet man statt des Siebes einen Schüttelkasten an.

Zum Verzinnen gußeiserner Gefäße auf galvanischem Wege hat Maistrasse-Dupré mit gutem Erfolge ein Bad aus 1000 Litern einer 3° Baumé starken Aetznatronlösung, 100 Gramm Zinnchlorür und 300 Gramm Cyankalium angewandt, welches nachher durch Anoden von reinem Zinn, die sich während der Arbeit auflösten, unterhalten wurde. In dieses Bad wurden die vorher mit Säuren abgebeizten gußeisernen Gegenstände, indem sie dabei mit einer Batterie von großer Oberfläche in Verbindung waren, ungefähr 24 Stunden lang eingebracht. Zuletzt bearbeitete man sie auf gewöhnliche Weise mit der Kratzbürste. Auf 100 Kilogr. verzinntes Eisen rechnete man ungefähr 1000 Gramm gelöstes Zinn. Die Batterie bestand aus einer Zink- und einer Kupferplatte von 1,2 Meter Länge und 0,7 M. Breite, welche horizontal in flachen 15 Centimeter hohen Bleigefäßen, durch einen Holzrahmen von einander isolirt, angebracht waren. Auf der Kupferplatte lag ein Gemenge von gleichen Theilen Bleizucker und Kochsalz, welches in verdünnte Schwefelsäure von 8° Baumé tauchte. Bei Zusatz von täglich 2 Liter verdünnter Schwefelsäure arbeitete ein solches Element regelmäßig 8 Tage lang fort und seine Unterhaltung kostete 2 Franken. Nach diesem Verfahren hat Maistrasse-Dupré über ein Jahr lang in Sougland (Dep. Aisne) die verschiedensten gußeisernen Waaren verzinnt, die Fabrik mußte aber dann in Folge von Umständen, welche nicht mit ihren Leistungen zusammenhingen, aufgegeben werden. Builhet, dessen Bericht an die Société d'encouragement diese Angaben entlehnt sind, bemerkt noch weiter, daß die Verzinnung auf diesem Wege um 15° wohlfeiler zu stehen kam, als mittels geschmolzenen Zinnes; daß man ferner Gegenstände von jeder Form verzinnen kann, was auf heißen Wege wegen der zur gleichmäßigen Vertheilung des Zinnes nothwendigen Drehung der Gegenstände nicht immer möglich

ist; und daß man endlich dem Zinnüberzuge jede beliebige Stärke geben kann, was bei dem älteren, von E. Boucher in die Praxis eingeführten galvanischen Verfahren von Roseleur nicht der Fall ist. Indem Maistrasse die nach seiner Methode verzinnten Gegenstände einer höhern Temperatur aussetzte und das Zinn zum Schmelzen brachte, ertheilte er den Gegenständen das Aussehen und die Solidität von auf heißem Wege verzinnten Waaren. Auf diese Weise gelang es ihm u. a., feinmaschige Drahtgewebe, welche sich ohne Verstopfung der Maschen auf heißem Wege nicht verzinnen ließen, mit einer saubern Verzinnung der einzelnen Maschen zu versehen. Bei Anwendung desselben Verfahrens auf kupferne Gegenstände erhielt er eine Bronceschicht u. dergl. mehr.

J. E. Bingham in Sheffield bereitet ein Bad zum Verzinnen verschiedener Metalle, indem er käufliches Zinn in Salzsäure löst, das Zinnoxyd mit Kalilauge fällt, den Niederschlag mit Wasser sorgfältig auswäscht, denselben in einer Lösung von Cyankalium und kaustischem Kali auflöst und dann Kalkhydrat zusetzt. In dieses Bad werden Zinnplatten und zu verzinnende Gegenstände, beide in gewöhnlicher Weise mit einer Batterie verbunden, eingehängt. Fast alle in der Technik verwendeten Metalle können in diesem Bade verzinnt werden.

Wismuth.

Dieses Metall wird nur im sächsischen Erzgebirge in nennenswerthen Massen producirt, und zwar besonders von seiten der Blaufarbenwerke. Einer in Wagners Jahresbericht über die Fortschr. d. chem. Technol. 1870 enthaltenen Notiz vom 4. Juni 1870 zufolge produciren

die sächs. Blaufarbenwerke . . .	24,000 Pfd.
Freiberg, Johanngeorgenstadt, Annaberg	8,000 „
	32,000 Pfd.

Chrom.

Chromsaures Kali wird jetzt vielfältig durch längere Zeit fortgesetzte Behandlung von höchst fein zertheiltem Chrom-

eisenstein mit Kalkpulver und schwefelsaurem Kali bei mäßiger Rothgluth im Flammenofen hergestellt. Um den Chromeisenstein zunächst mürbe zu machen, glüht man ihn, löscht ihn ab, pocht und mahlt ihn unter Kollersteinen; dann wird er in einen Luftstrom geworfen und dadurch sortirt, endlich auch wohl naß gemahlen und geschlemmt. Den möglichst reinen Kalk bringt man mit Wasser zum Zerfallen, mengt ihn mit dem gemahlenen Chromeisenstein und gepulverten schwefelsauren Kali und macht das Ganze mit einer concentrirten heißen Lösung des schwefelsauren Kalis zu einem Brei an, den man in cylinderförmige hölzerne Formen preßt. Die erhaltenen Stücke werden nun längere Zeit im Flammenofen mit oxydirender Flamme behandelt, wodurch ein großer Theil des Chromoxydes in Chromsäure verwandelt wird. Die zerkleinerte Masse wird dann mit Wasser gekocht und zur gelben Lösung so viel Schwefelsäure zugesetzt, daß das einfach chromsaure Kali in ein saures übergeführt ist, welches beim Erkalten auskrystallisirt. Das beim Eindampfen sich abscheidende schwefelsaure Kali wird wiederum benutzt; Chromoxyd soll bei guter Leitung des Processes nur wenig zurückbleiben.

Um die hierbei auftretenden Reactionen genauer zu prüfen glühte H. Schwarz in Gratz 1/2 Aequivalent geglühtes Chromoxyd mit je einem Aequiv. Kalk und schwefelsauren Kali, einmal in einem offenen Platintigel über der Gasflamme, ein andermal in einer Muffel bei mäßiger Rothgluth. Im ersten Falle zeigten sich nur 38 Proc. des Chromoxydes in Chromsäure verwandelt, im letzteren 51,8; vorheriges Anfeuchten gab kein erheblich besseres Resultat. Auch ohne Gegenwart des schwefelsauren Kalis erfolgt übrigens die Oxydation des Chromoxydes: als ein Aequiv. Chromoxyd und 2 Aequiv. Kalk unter vorhergehendem Anfeuchten möglichst innig gemischt und in einer Muffel roth geglüht wurden, fanden sich 85 Proc. (bei trockener Mischung nur 79 Proc.) des Chromoxydes in Chromsäure übergeführt. Schwarz hält es daher für möglich, daß die Wirkung des schwefelsauren Kalis erst beim Auflösen eintritt; man könnte dieses Salz dann beim Glühen ganz weglassen und den chromsauren Kalk direct durch doppelt schwefelsaures Kali zersetzen.

Chromchlorid stellt F. Serena dadurch her, daß er über rothglühendes Chromoxyd einen Strom trockenen, mit

Schwefelkohlenstoffdämpfen gesättigten Chlorgases leitet; Kohlenoxydgas und Schwefeldämpfe entweichen.

Auch bei Einwirkung von Chloroformdämpfen auf Chromoxyd bildet sich Chromchlorid, während Kohlenoxydgas und Salzsäuregas entweichen.

Molybdän.

Versuche von Böttger haben gezeigt, daß Seidenstoffe ohne Beizverfahren sich mittels Molybdänsäure in allen Nüancen blau färben lassen. Löst man Molybdänsäure in der Wärme in concentrirter Schwefelsäure bis zur Sättigung, so entsteht eine ungefärbte, klare Flüssigkeit. Erhitzt man ein Wenig von dieser Flüssigkeit in einem Glaskölbchen so stark, daß sie anfängt, weiße Dämpfe auszustoßen und fügt dann absoluten Alkohol hinzu, so entsteht mit einem male die prachtvollste blaue Farbenflotte, in welcher man unmittelbar Seide ausfärben kann.

Platin.

Einer Mittheilung von Nordeskjöld in Stockholm an Poggendorff zufolge ist unter dem Golde, welches man im Sommer 1869 in ziemlicher Menge und zuweilen in ganz großen Stücken im Sande beim Ivaloflusse in nördlichen Lappland gefunden hat, auch Platin angetroffen worden, welches man bis dahin in der an eigenthümlichen Metallen so reichen Granitregion Scandinaviens noch nicht entdeckt hatte. Auch bei Ibbenbühren in Westfalen soll neuerdings Platin gefunden worden sein.

Zum Putzen von Platintiegeln da, wo kein Meersand käuflich zu haben ist, empfiehlt Stolba sich solchen durch Ausklopfen roher Badeschwämme zu verschaffen. Solche in Prag gekaufte Schwämme lieferten ihm ein jeder einige Loth Sand, der sich zum Putzen von Platin trefflich eignete.

Bleiplatin. Da über das Verhalten des Bleies zum Platin verschiedene Angaben vorlagen, welche es wahrscheinlich machten, daß beide Metalle fähig sind, eine bestimmte chemische Verbindung zu bilden, so stellte A. Bauer in Wien eine Legirung aus 3 Th. Blei und 1 Th. Platin her, welche so spröde war, daß sie sich in einer Achatschale leicht in Pulver

verwandeln ließ, befeuchtete das schwarzbraune Pulver und setzte es unter einer Glasglocke der Einwirkung von Kohlensäure, Sauerstoff und Essigsäuredämpfen aus. Nach einigen Tagen trat Bleiweißbildung ein, die durch Umrühren mit einem Glasstabe unterstützt wurde, und als nach 3 Wochen die Bleiweißmenge nicht mehr sichtlich zunahm, wurde das Ganze mit verdünnter Essigsäure behandelt und dadurch das Bleiweiß abgeschieden. Der Rückstand wurde dann nochmals der gleichen Behandlung unterworfen, bis sich keine Veränderung mehr zeigte, dann mit verdünnter Essigsäure behandelt, mit Wasser gewaschen und getrocknet. Das so erhaltene Product hatte die Form eines deutlich krystallinischen, im Lichte glänzenden, stahlgrauen Pulvers, dem noch ein fein vertheilter schwarzer Körper beigemengt war — wahrscheinlich fein vertheiltes Platin, — der sich indessen durch sorgfältiges Schlemmen entfernen ließ. Die krystallinische Masse zeigte (bei drei verschiedenen Versuchen) eine Zusammensetzung aus gleichviel Atomen Platin und Blei Pt, Pb. Kochen mit verdünnter Essigsäure greift sie nicht an, Mineralsäuren dagegen zersetzen leicht die Verbindung. Beim Erhitzen schmilzt das Pulver rasch und erstarrt zu einer wismuthähnlichen, krystallinischen und sehr spröden Metallmasse; erfolgt das Erhitzen bei Luftzutritt, so oxydirt sich das Blei theilweise und man kann dasselbe daher durch Abtreiben in der Muffel entfernen. Das spec. Gewicht der Legirung wurde = 15,77 gefunden.

Silber.

Die jährliche Silberproduction wird (nach Angaben aus dem Jahre 1868) auf etwa 60 Mill. Thaler geschätzt; davon kommen auf

Rußland	1,500,000	Thlr.
Schweden und Norwegen .	500,000	„
Großbritannien	1,620,000	„
Preußen	1,400,000	„
Sachsen	920,000	„
das übrige Deutschland . .	1,800,000	„
Oesterreich	80,000	„
Frankreich	2,100,000	„

Spanien	425,000	Thlr.
Australien und Oceanien .	4,900,000	„
Chile	7,600,000	„
Bolivia	600,000	„
Peru	5,480,000	„
Ecuador	240,000	„
Brasilien	18,000	„
Mexiko	30,000,000	„
Vereinigte Staaten . . .	600,000	„

Gewinnung des Silbers. Um das Silber auf trockenem Wege aus seinen Erzen abzuscheiden, wendet man seit alten Zeiten die sogenannte Bleiarbeit an: man schmilzt die Erze, je nach Umständen in geröstetem oder ungeröstetem Zustande mit bleiischen Erzen oder metallischem Blei zusammen und gewinnt so ein silberhaltiges Blei, aus dem man dann durch Treibarbeit, d. h. durch Schmelzen in einem Gebläse-Flammenofen das leicht oxydirbare Blei entfernt, während das metallische Silber zurückbleibt. Das bei der Bleiarbeit gewonnene Werkblei enthält aber immer nur verhältnißmäßig sehr wenig Silber und wird schon zu den sehr reichen gezählt, wenn es auf den Centner über 1/2 Pfund aufweist. Nur wenig Hütten arbeiten mit so reichen Werkbleien. Da aber der Treibproceß bei armem Werkblei schließlich nicht mehr lohnt, so hat man daran gedacht, einestheils das Werkblei reicher an Silber zu machen, anderntheils das Silber durch ein neues Verfahren auch noch aus ganz armem Werkblei von weniger als 0,12 Proc. Gehalt abzuscheiden, wo die Treibarbeit nicht mehr anwendbar ist.

In ersterer Beziehung ist das Pattinsoniren zu erwähnen, ein 1833 von Pattinson in Newcastle angegebener Proceß, durch den man den Silbergehalt armer Bleie bis 0,009 Proc. Silbergehalt herab soweit zu concentriren vermag, daß dieselben treibwürdig werden. Es gründet sich dieser Proceß darauf, daß aus einer größeren Menge geschmolzenen silberhaltigen Bleis sich beim Erkalten Krystalle abscheiden, die weniger Silber enthalten, als die flüssige Masse. Schmilzt man die aus der letzteren ausgeschöpften Krystalle und läßt wieder erkalten, so erhält man aufs neue Krystalle,

die noch silberärmer sind als die ersten, und durch eine Reihe solcher Operationen wird das Werkblei geschieden in eine kleine Menge silberreichen Bleies, „Reichblei" (von 0,5 bis 1,5 Proc.), und in das silberarme „Armblei". Aus ersterem wird dann das Silber durch Treibarbeit gewonnen.

Dies Verfahren wird indessen, wie es zur Zeit den Anschein hat, durch einen andern Proceß, das Entsilbern des Werkbleies durch Zink, verdrängt werden. Derselbe gründet sich einestheils darauf, daß Blei und Zink keine Legirung mit einander bilden, anderntheils darauf, daß Silber eine größere Verwandtschaft zum Zink als zum Blei hat. Nach dem ursprünglichen Vorschlage von Parkes (1850) wird das Werkblei in einem eisernen Kessel geschmolzen und dann geschmolzenes Zink zugesetzt, worauf man gehörig umrührt und wartet, bis das Zink auf der Oberfläche zu einem Kuchen erstarrt, welcher abgehoben wird, und aus welchem das Zink durch Destillation abgeschieden wird. Zu dem Rückstande wird etwas Blei gesetzt und dann auf dem Treibherde abgetrieben. Mit diesem Processe wurden im Jahre 1852 auch in Tarnowitz durch Karsten Versuche angestellt; aber wenngleich die Entsilberung des Werkbleies recht gut gelang, so konnte man doch das zurückbleibende Blei nicht so vollkommen von Zink befreien, daß ein gutes Handelsproduct entstand und außerdem war auch die Scheidung des Silbers von Zink nicht ohne erhebliche Verluste zu bewerkstelligen. In Deutschland konnte damals der Parkes'sche Proceß nicht Wurzel fassen und gerieth allmälig in Vergessenheit. Doch wurde er seit 1855 zu Llanelly in Wales geübt und seit demselben Jahre beschäftigte sich Roswag, ein früherer Zögling der Pariser Bergschule, in Spanien vielfach mit dem Zinkprocesse. Nach verschiedenen auf der Hütte der Reunion zu Carolina angestellten Versuchen richtete er 1862 seinen Proceß auf der Bleihütte Sampierdarena zu Gênes ein und 1863 wurde die Entsilberung des Werkbleies durch Zink auch auf den Hütten von Forster, Blackett und Wilson bei Newcastle eingeführt. Seit 1866 wurde diese Methode dann auch auf zwei Hütten in der Eifel, nämlich von Pirath und Jung in Commern und von Herbst in Call wieder aufgenommen und bereits im Jahre 1868 war dieselbe auf den Oberharzer Hütten, zu Tarnowitz,

sowie an anderen Orten im Betriebe. Seitdem hat namentlich das von Corduriè angegebene Verfahren, behufs der Trennung des Silbers vom Zink das erstere im erhitzten Zustande durch überhitzten Wasserdampf zu oxydiren, dem Zinkprocesse dermaßen Bahn gebrochen, daß derselbe nicht nur in England, Frankreich und auf den fiscalischen Hütten in Preußen in Anwendung ist, sondern daß auch die Einführung desselben überall zu erwarten steht, wo nicht etwa der zu hohe Preis des Zinkes hindernd in den Weg tritt.

Das Entsilbern des Werkbleies erfolgt, wie erwähnt, in großen gußeisernen Kesseln, in welche man 200 bis 250 Ctr. Blei einbringt und einschmilzt. Das Zink, dessen Menge sich nach Gehalt und Reinheit des Werkbleies richtet, wird zu wiederholten Malen in abnehmenden Quantitäten zugesetzt. Balling, dessen Bericht wir hier folgen, sah im September 1868 im Oberharz auf der Frankenscharner Hütte auf 250 Centner Blei erst 180, dann 100 und zuletzt 50 Pfund Zink, zu Lautenthal 200, 100 und 60 Pfund und auf der Altenauer Hütte auf 225 Centner Blei 120, 100 und 80 Pfund Zink zusetzen. Das zugesetzte Zink wird jedesmal längere Zeit mit dem Blei gut durchgerührt, ehe man das Metallbad abkühlen läßt. Der während der Abkühlung und Ruhe an der Oberfläche sich ansammelnde Zinkschaum, eine Legirung von Zink, Silber und Blei, wird in einen anderen Kessel abgehoben; sobald sich aber am Rande Krusten bilden, wird wieder aufs neue geheizt und ein neuer Zinkzusatz gegeben.

In früherer Zeit war die ganze Arbeit mit einem großen Aufwande von Zink verknüpft; jetzt hat man denselben zu vermeiden gelernt, u. a. dadurch, daß man mit dem ersten Zinkzusatz auch noch den vom zweiten und dritten Zinkzusatz der vorigen Arbeit herrührenden, nicht völlig mit Silber gesättigten Zinkschaum zusetzt. Auf den Oberharzer Hütten, wo man wegen Beschaffenheit der dortigen Erze den Zinkschaum nicht nochmals benutzen kann, weil man dem Blei sonst zuviel Kupfer zuführen würde, ist der Zinkverbrauch allmälig von 1,6 auf 1,4 Proc. herabgegangen, in Tarnowitz aber, wo das eben erwähnte Verfahren statthaft ist, beträgt der Zinkverbrauch nur 0,68 Procent. Im Allgemeinen erfordert

ein silberreiches Blei einen verhältnißmäßig geringeren Zinkzusatz.

Zum Umrühren des geschmolzenen Werkbleies dient auf den Rothschild'schen Werken zu Havre und seitdem auch anderwärts ein mechanischer Rührer, durch welchen zugleich das Zink in einer durchlöcherten Blechbüchse auf den Boden des Kessels gebracht wird, um von dort in die Höhe zu steigen. Diese Art des Einbringens will übrigens der schon erwähnte Roswag zuerst angewandt haben. Die Blechbüchse ist am untern Ende einer vertikalen Welle angebracht, welche ein wenig höher einige windschiefe Flügel trägt, welche das Metall umrühren, sobald man mittels eines oben angebrachten Getriebes mit Kurbel die Welle in Rotation versetzt. Die Achse selbst hat ihre Lager auf einem auf Schienen laufenden Wagengestelle und ist so eingerichtet, daß sie nach Auslösung der Zahnräder des Getriebes mittels eines Differentialflaschenzuges auf das Gestell gehoben werden kann, worauf man das Wagenstell fortschieben kann.

Nach Angaben von Illing muß man bei der Werkbleientsilberung mittels Zink besonders folgende Punkte wohl beachten: 1. die Bleicharge muß möglichst hitzig eingeschmolzen und das Rühren sehr sorgsam vorgenommen werden, um eine recht innige Mengung des Zinkes mit dem Blei zu bewirken; 2. die Abkühlung des Bleies muß sehr langsam von statten gehen, damit die specifisch leichtere Verbindung von Zink und Silber möglichst vollständig an die Oberfläche aufsteigen kann; das Abheben des Zinkschaumes muß sehr subtil erfolgen, damit keine Stücke der an der Oberfläche erstarrenden reichen Zink- und Silberlegirung wieder in den Kessel hineinfallen.

Um das Armblei zu entzinken, werden verschiedene Methoden angewandt. Einige derselben haben zum Zweck das Zink in Chlorzink überzuführen; so erhitzt man nach dem Patente von Herbst und Wassermann das Armblei mit Chlorblei, nach dem Pirath'schen Verfahren wendet man Kochsalz an und auf den Oberharzer Hütten benutzte man statt dessen das billigere Staßfurter Abraumsalz (Chlorkalium oder Sylvin).

Ein anderes Verfahren ist das von Flach angegebene:

das zinkhaltige Blei wird in Schachtöfen mit Puddelschlacken durchsetzt behufs Verschlackung und Verflüchtigung des Zinkes.

Endlich ist noch die Anwendung des Wasserdampfes zu erwähnen, der nach Cordurié's Vorschlag auch zur Entzinkung des Armbleies angewandt wird. Zu dem Zwecke wird das zinkhaltige Blei durch eine mit einem Stopfen verschließbare Rinne aus dem Entsilberungskessel in den tiefer liegenden Raffinirkessel abgestochen, den man mit einer dicht schließenden Blechhaube schließt, worauf das Blei bis zur lichten Kirschrothgluth erhitzt wird. Nunmehr wird durch eine in der Haube befindliche Thür das Dampfzuleitungsrohr bis nahe an den Boden eingesenkt und die Thür wieder geschlossen. Der Wasserdampf wird in verschiedener Spannung benutzt. Am Harz ist es üblich, ihn mit einer Atmosphäre Spannung einzuführen, in Havre wendet man 4—5 Atmosphären an. Die Temperatur des Metallbades steigt während dessen und das Zink oxydirt sich sehr lebhaft, so daß in Zeit von 1 bis 3 Stunden das Blei vollständig entzinkt ist. Durch ein auf die Blechhaube aufgesetztes Rohr entweicht das Zinkoxyd in Condensationskammern, wo es sich absetzt. Man gewinnt daraus unreines zinkhaltiges Bleioxyd, welches wieder zu Blei reducirt wird, nachdem man das Zink mit Salzsäure entfernt hat, und bleioxydhaltiges Zinkweiß, das als Malerfarbe in den Handel kommen soll.

Von dem im Raffinirkessel gebliebenen Blei zieht man die Zinkoxyddecke, welche darauf schwimmt, ab und leitet bei lose aufgesetzter Haube und geöffneter Thür — um der Luft Zutritt zu verschaffen — noch etwa eine Stunde lang Wasserdampf in das Bleibad. Dadurch wird das Antimon abgeschieden. Das auf diese Weise gereinigte Blei ist nun Handelswaare.

Man gewinnt auf diese Art unmittelbar 80 bis 84 Proc. Handelsblei mit einem Silbergehalt von 0,0005 bis 0,0006 Proc. Die Kosten betrugen auf den Oberharz früher bei Anwendung von Staßfurter Salz 11 Sgr. 7,78 Pf. per Centner, bei Wasserdampfverfahren betragen sie nur 9 Sgr. 4,86 Pf.

In ähnlicher Weise wird auch der silberreiche Zinkschaum durch Wasserdampf von 1/2 Atm. — am Harze — bis 4

Atm. — zu Havre, entzinkt. Da aber die Oxyde hier silberreicher sind, so wendet man größere Flugstaubkammern an. Das im Kessel zurückbleibende Reichblei wird schließlich noch auf einen Treibherd gebracht und abgetrieben. Die in den Kammern abgesetzten Oxyde werden in Havre durch Waschen von mitgerissenen Bleikörnern getrennt, und dann, um das Zinkoxyd zu entfernen, mit Wasser befeuchtet und mit Salzsäure in großen auscementirten Bassins unter Umrühren extrahirt, worauf man die gereinigten Oxyde in eisernen Kesseln auf Werkblei und Chlorblei einschmilzt, welches letztere in Flammenöfen reducirt wird. Auf den Oberharzer Hütten aber werden diese Oxyde bei dem Vertreiben des Reichbleies eingetränkt, wobei man, um Verluste durch Verstaubung zu vermeiden, den Wind abstellt. Dabei wird das Silber von dem Bleibade aufgenommen und der hierbei fallende Abzug dem Bleifrischen übergeben.

Es mag noch erwähnt werden, daß der Zinkproceß und das Wasserdampfverfahren nicht nur ökonomischer sind, als die älteren Methoden, sondern daß dabei auch die Arbeiter weniger Gefahren ausgesetzt sind, indem bei Anwendung von Wasserdampf die Bildung der gesundheitschädlichen Bleidämpfe vermieden wird.

Nähere Nachrichten über die Fortschritte, welche neuerdings auf den fiscalischen Silberhütten Preußens beim Entsilbern des Werkbleies, namentlich durch Einführung des Cordurier'schen Verfahrens gemacht worden sind, haben H. Wedding in Berlin und Bräuning in Andreasberg gegeben (Preuß. Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen. 1869 XVII S. 231; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1870. S. 91, 111, 120); einen Auszug dieser Mittheilungen enthält auch Wagners Jahresber. über die Fortschr. der techn. Chemie. 1870. S. 83 u. f.

Zur Darstellung von Feinsilber aus Legirungen im Großen hat F. Gutzkow statt der sonst üblichen Abscheidung des Silbers aus der verdünnten schwefelsauren Metalllösung mittels metallischen Kupfers das nachstehende, durch eine längere Praxis in der Gold- und Silber-Raffinerie der San Francisco Assaying and Refining Co. erprobte Verfahren angegeben, dessen Hauptvortheil darin besteht, daß man

nicht nöthig hat, als Nebenproduct große Mengen Kupfervitriol zu fabriziren.

Das Scheidegut wird zunächst in gußeisernen Töpfen mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, dann wird die erhaltene heiße, trübe, dickflüssige Masse in eine geräumige gußeiserne Pfanne gegossen, welche verdünnte Schwefelsäure von 58° Baumé und etwa 110° C. enthält, und noch etwas Wasser hinzugefügt, um auch die Säure aus den Töpfen auf 58° B. zu bringen. Für den Centner raffinirten Silbers rechnet man etwa 10 Kubikfuß verdünnte Säure. Beim Zusatz des Wassers scheidet sich das schwefelsaure Blei, welches etwa vorhanden ist, ab; zugleich reißt der sich absetzende schwere Niederschlag alles Gold mit zu Boden. Nach wenigen Minuten zieht man die geklärte Flüssigkeit in eine zweite, durch Wasser von außen kühlbare Pfanne ab. Wenn man hier die Flüssigkeit bis auf 40 bis 30° C. abkühlen läßt, so setzt sich eine bis 2 Zoll dicke Kruste von schwefelsaurem Silberoxyd in harten, gelben Krystallen ab, die, wenn die Mutterlauge in die erste Pfanne zurückgepumpt wird, um hier wieder als verdünnte Säure Verwendung zu finden, nur wenig freie Säure enthält. Die Krystalle werden mit eisernen Schaufeln auf den falschen Boden eines mit Blei ausgeschlagenen Kastens geworfen, der unterhalb des falschen Bodens Oeffnungen zum Ablaufen der Flüssigkeit hat. Man läßt dann durch die krystallisirte Masse eine möglichst concentrirte wässrige Lösung von Eisenvitriol filtriren. Zunächst wird das mit Silberkrystallen in Form eines rothen Pulvers vermischte Kupfersalz gelöst; man sammelt daher das erste Filtrat für sich, um es später auf Kupfervitriol zu verarbeiten. Wenn aber das Filtrat die rein braune Farbe der Eisenoxydlösung zeigt, läßt man es in ein flaches Gefäß ab, in welchem sich beim Erkalten der größte Theil des aufgelösten Silbersalzes zersetzt und metallisches Silber absetzt, das man später zu der Hauptmasse im Filter setzt. Man filtrirt so lange, bis die Flüssigkeit mit der rein grünen Farbe der Eisenvitriollösung durchgeht. Die Krystallmasse ist dann durch den reducirenden Einfluß des Eisenvitrioles in eine dichte, zusammenhängende Masse von metallischem Eisen verwandelt worden. Dieselbe wird mit reinem Wasser ausgewaschen, dann in einer hydraulischen Presse gepreßt und eingeschmolzen. Die

oxydirte Eisenlösung wird durch Einlegen von altem Eisenblech wieder regenerirt und in Eisenvitriollösung verwandelt, wobei sich zugleich geringe Quantitäten Kupfer und Silber abscheiden. Im Großen rechnet man 20 Kubikfuß Eisenvitriollösung auf einen Centner reducirten Silbers.

Zur Reduction von großen Massen Chlorsilber, wie solche bei dem Feinen des Goldes nach F. B. Miller's Chlorproceß sich ergeben, hat A. Leibius in Sydney einen Apparat construirt, welcher in 24 Stunden 14—1500 Unzen Chlorsilber reducirt. In einen oben und unten offenen Rahmen von 13 Zoll Länge, 14 Zoll Breite im Lichten und 15 Zoll Höhe, dessen Längsseiten aus dicken Bretern bestehen, werden sieben Zinkplatten von 1/2 Zoll Dicke, 14 Zoll Länge und 12 Zoll Höhe in Abständen von 1 1/2 Zoll von einander vertikal aufgestellt, zu welchem Zwecke die Seiten entsprechende Nuthen haben. Ein 1/2 Zoll breiter Streifen von metallischem Silber, welcher am Ende der Nuthen in jede der Längsseiten eingelassen ist, stellt eine leitende Verbindung zwischen sämmtlichen Zinkscheiben her. In einem zweiten Rahmen werden sechs Scheiben aus geschmolzenem Chlorsilber, 12 Zoll lang, 10 Zoll breit und beiläufig 3/4 Zoll dick mittels Schlingen aus Silberblech befestigt. Dieser Rahmen wird so auf den ersten gesetzt, daß die Chlorsilberscheiben in die von den Zinkplatten gebildeten Zellen zu hängen kommen, beiläufig 1/4 Zoll von dem Zink entfernt. Die Enden der die Chlorsilberscheiben tragenden Silberstreifen werden dann mit den Enden der Silberstreifen an dem untern Rahmen verbunden und das Ganze wird in eine mit Wasser gefüllte Wanne gestellt. Sehr bald stellt sich eine galvanische Wirkung ein, die Flüssigkeit wird wärmer und man kann einen kräftigen Strom wahrnehmen, der nach 24 Stunden ziemlich wieder verschwunden ist. Fast alles Chlorsilber ist nun reducirt, die äußere Form ist aber geblieben. Durch Kochen mit angesäuertem und zuletzt mit reinem Wasser wird das reducirte Silber, während es noch in den Schlingen hängt, gereinigt und kann nun sofort in den Schmelztiegel kommen.

Als Flüssigkeit für die beschriebene Batterie dient am besten Wasser, dem ein Theil der von einer frühern Silberreduction herrührenden, zinkhaltigen Flüssigkeit zugesetzt ist.

Reines Wasser ist zwar auch brauchbar, doch beginnt die Wirkung dann erst nach einigen Stunden. Eine Säure kommt nicht in Anwendung. Der Zinkverbrauch ist etwa 24—25 Proc. vom Gewicht des reducirten Chlorsilbers. Die Zinkplatten wiegen zusammen etwa 140 Pfund Avoirdupoids (1 Pfd. Avdps. = 453,593 Grm.), die 6 Chlorsilberscheiben etwa 1400 Unzen Troy (12 Unzen = 1 Pfund Troygew. = 373,246 Grm.); die ersteren werden so lange benutzt, bis sie zu dünn sind, worauf man sie umschmilzt.

Zur Abscheidung des Silbers aus einer ammoniakalischen Lösung von Chlorsilber hat Gräger mit gutem Erfolge Zink in Anwendung gebracht. Die Lösung wird in eine verschließbare Flasche gebracht und das reine Zink in nicht zu kleinen Stücken zugesetzt. Die Zersetzung beginnt sofort und verläuft, besonders bei häufigem Umschütteln, sehr rasch, so daß man in 3 Stunden recht wohl 1/4 Pfd. Chlorsilber reduciren kann; natürlich hängt die Dauer der Operation von dem größeren oder kleineren Ueberschusse an Zink ab, auch scheint ein geringer Ammoniaküberschuß günstig auf den schnelleren Verlauf einzuwirken. Anfangs besitzt das abgeschiedene Silber eine hellgraue Farbe, später aber wird dieselbe dunkler und endlich fast schwarz. Um zu prüfen ob der Proceß vollendet ist, läßt man von Zeit zu Zeit einen Tropfen der ammoniakalischen Lösung in ein Reagenzglas mit Salzsäure fallen; wenn keine Trübung mehr erfolgt, ist alles Silber abgeschieden. Das abgeschiedene Silber wird dann in der Flasche so lange mit klarem Wasser behandelt, bis aller Ammoniakgeruch verschwunden ist; dann bringt man es mittels eines Trichters, dessen Röhre soweit mit Glasstücken verstopft ist, daß keine Zinkstücke mit durchgehen, in eine andere Flasche, decantirt das Wasser, übergießt das Silber mit concentrirter Salzsäure und digerirt es so lange, bis es eine schmutzigweiße Farbe angenommen hat. Hierauf gießt man die Flüssigkeit ab, gießt neue Salzsäure auf und bringt nöthigenfalls zum Sieden. Das Silber wird dann jedesmal weiß. Ist dies der Fall, so füllt man die Flasche mit Wasser, decantirt und wiederholt dies, bis man nur noch wenig Säure spürt, worauf man auf einem Filter erst mit destillirtem Wasser wäscht, dann mit verdünnten Ammoniak übergießt und schließlich mit Wasser spült.

Das so erhaltene Silber ist nach Gräger völlig rein. Allerdings verursacht die Methode einen nicht unbedeutenden Aufwand an Ammoniak. Letzteres kann indessen durch Destillation größtentheils wieder gewonnen werden; auch kann man die ganz oder großentheils von Silber befreite ammoniakalische Lösung von einer früheren Arbeit wieder zum Auflösen von Chlorsilber benutzen.

So wie Chlorsilber, so läßt sich auch Silbernitrat aus der ammoniakalischen Lösung durch Zink reduciren. Ist das Silber kupferhaltig, so wird das Kupfer zwar auch reducirt, aber nur langsam und beinahe gar nicht, so lange noch Silber in Lösung ist. Daher konnte Gräger auf diesem Wege aus alten Münzen von oft nur 25 Proc. Silbergehalt das Silber vollkommen rein abscheiden.

Die Wiederherstellung von in der Photographie benutzten Silberlösungen, welche in der Regel neben etwas Alkohol Ammoniak-, Cadmium-, Zink-, Eisen- und Kupfersalze enthalten, gelingt nach Gräger am besten und einfachsten, wenn man die Flüssigkeit in einer Porzellanschale oder in einem Kolben zum Kochen erhitzt, frisch gefälltes und rein ausgewaschenes Silberoxyd zusetzt und sie damit einige Zeit im Kochen erhält. Dann läßt man absitzen, filtrirt, dampft zur Trockne ein und schmilzt, um die Ammoniaksalze zu verjagen, den Rückstand, welcher reines salpetersaures Silber ist. Da man einen Ueberschuß von Silberoxyd anwenden muß, so ist auch der abfiltrirte Niederschlag mehr oder minder reich an solchem. Deshalb hebt man ihn feucht auf und verwendet ihn später bei der gleichen Arbeit, bis sein Silber erschöpft ist.

Reduction von salpetersaurem Silber mittels Holzkohle. Auf einen hübschen Vorlesungsversuch hat vor einiger Zeit C. F. Chandler aufmerksam gemacht. Krystallisirtes oder geschmolzenes salpetersaures Silber wird von glühender Holzkohle reducirt, zieht sich dabei in die Poren der letzteren, tritt an die Stelle der einzelnen verbrennenden Kohlentheilchen und es entsteht eine Silbermasse, welche noch die Structur des Holzes zeigt. Am zweckmäßigsten legt man einen Krystall des Silbersalzes auf die Hirnseite eines Stückes Holzkohle und richtet die Löthrohrflamme auf letztere nahe neben

dem Krystall; wenn die Verbrennung im Gange ist, kann man mehr Krystalle nachlegen. Das Salz geräth in Fluß, zieht sich durch das bereits reducirte Metall hindurch bis in die glühende Kohle und wird dort reducirt. Man kann so Silberstücke von mehr als einer Unze Gewicht erhalten, welche die Jahresringe des Holzes in schönster Weise zeigen.

Gold.

Ueber das Feinen des Goldes mittels Chlorgas hat F. B. Miller, Probirer an der Kgl. Münze in Sydney, in einem in der Kgl. Gesellschaft von Victoria gehaltenen Vortrage interessante Mittheilungen gemacht. Alles in der Natur im gediegenen Zustande vorkommende Gold ist mehr oder minder silberhaltig, und insbesondere ist bei dem durch Ausschmelzen des australischen Alluvialgoldes gewonnenen Barrengolde der nicht aus Gold bestehende Antheil hauptsächlich Silber mit nur sehr geringen Mengen anderer Metalle, gewöhnlich Kupfer und Eisen, seltener auch etwas Blei oder Antimon, Spuren von Zinn, Iridium ꝛc. Dieser Silbergehalt ist indessen sehr verschieden, wie aus den nachstehenden Angaben über den Gold- und Silbergehalt charakteristischer Goldstaub-Proben von verschiedenen Fundorten in Neu-Südwales (nach dem Schmelzen bestimmt) erhellt.

	Fundort.	Goldgehalt in 1000 Theilen.	Silbergehalt in 1000 Theilen.
Im Norden	Boono Boono .	654—695	337—298
	Fairfield . . .	872	121
	Timbarra . .	708—898	280—97
	Peel River . .	929	67
	Rocky River .	934—962	61—33
	Nundle . . .	923—937	66—63
Im Westen	Bathurst . .	827—903	164—92
	Sofala . . .	929—933	66—63
	Tuena . . .	943	54
	Ophir . . .	915	82
	Tambaroora .	943—954	54—42
	Turon . . .	918—928	78—68
	Hargraves . .	915	83
	Windeyer . .	946—959	53—37

	Fundort.	Goldgehalt in 1000 Theilen.	Silbergehalt in 1000 Theilen.
Im Süden	Burrangong .	948	48
	Adelong . . .	946—951	52—45
	Braidwood . .	928—934	67—62
	Emu Creek . .	971	27
	Delegate . .	971	27
	Nerigundah . .	983	15.

Merkwürdig ist, daß der Silbergehalt um so größer wird, je weiter man nach Norden geht. Am silberhaltigsten ist das Gold von Boono Boono, das sich in seiner Zusammensetzung dem Golde des productiven Themse-Districtes in Neuseeland nähert. Diese Zunahme des Silbergehaltes mit weiterem Fortschreiten nach Norden findet übrigens noch weitere Bestätigung: das Gold in Victoria enthält durchschnittlich 96 Proc. Gold, $3\frac{1}{2}$ Proc. Silber und $\frac{1}{2}$ Proc. unedle Metalle, das von Neu-Südwales dagegen $93\frac{1}{3}$ Proc. Gold und 6 Proc. Silber und endlich das von Queensland $87\frac{1}{4}$ Proc. Gold und 12 Proc. Silber; das Gold von Maryborough enthält nur 85 Proc. Gold und 14 Proc. Silber. Wie zu erwarten, giebt es auch Ausnahmen von dieser Regel, und es kommt z. B. im Norden von Neu-Südwales sehr reichhaltiges, 96procentiges Gold vor.

Den officiellen Berichten zufolge sind in der Münze von Sydney von ihrer Gründung im Mai 1855 bis zum 31. Dec. 1868 im Ganzen 6,820,198 Unzen Gold zum Prägen eingeliefert worden. Im Durchschnitte enthielt dieses Rohgold $94\frac{1}{3}$ Proc. Gold, 5 Proc. Silber und $\frac{2}{3}$ Proc. unedle Metalle. Rechnet man 2 Proc. Verlust beim Schmelzen des Goldsandes, so bleiben nach dem Schmelzen 6,683,795 Unzen Barrengold, welche, wenn der Silbergehalt zu 5 Proc. gerechnet wird, 334,190 Unzen Silber enthalten. Dies giebt für das Jahr des Münzbetriebes 24,750 Unzen; gegenwärtig ist diese Zahl aber bedeutend größer, beispielsweise war sie 36,000 Unzen im Jahre 1868, weil neuerdings die silberreichen Goldsorten von Queensland zum Verschmelzen kommen.

Der größte Theil dieses Silbers ging bisher verloren, weil in Sydney die bisherigen Abscheidungsmethoden mit zu großen Kosten verknüpft waren. Es schien daher wünschenswerth, ein für Australien leicht und billig ausführbares Ver-

fahren zum Feinen des Goldes zu ermitteln, und ein solches hat denn auch Miller in der Durchleitung eines Stromes von Chlorgas durch das im geschmolzenen Zustande befindliche Gold gefunden. Das Chlor verbindet sich dabei mit dem Silber zu Chlorsilber, welches an die Oberfläche aufsteigt, während unter der Chlorsilberdecke das gereinigte Gold zurückbleibt. Es zeigte sich übrigens bei der Ausübung dieses Verfahrens, daß das Chlorsilber sich nicht so leicht verflüchtigt, als man wohl anzunehmen geneigt sein könnte und daß man es namentlich unter einer Boraxdecke selbst bei hoher Temperatur ohne wesentlichen Verlust erhalten kann.

Die Operation wird in einem gewöhnlichen Goldschmelzofen von 12 Zoll im Quadrat vorgenommen, dessen Deckel aus zwei Platten von feuerfestem Thon besteht, deren eine eine Oeffnung zum Durchgange der thönernen Chlorgasleitungsröhren besitzt. Die zum Feinen dienenden Tiegel sind weiße französische Thontiegel (Creusets de Paris von De Ruelle, früher Payen), die man vor dem Gebrauche mit einer kochend heißen Lösung von Borax in Wasser füllt, welche man nach 10 Minuten langem Stehen wieder ausgießt, worauf man die Tiegel trocknen läßt. Sobald dann die letzteren heiß werden, bildet der Borax inwendig eine Glasur. Diese Tiegel werden in Graphittiegel gestellt und mit lose passenden Deckeln bedeckt, die eine Oeffnung für das Gasleitungsrohr haben. Als solches eignet sich am besten der thönerne Stiel einer gewöhnlichen Tabakspfeife von 17—22 Zoll Länge. Die Chlorentwickelungsgefäße bestehen aus glasirtem Steinzeug bester Qualität, haben je 10—15 Gallonen Inhalt und sind mit zwei Tubulaturen versehen. Der eine Tubulus ist mit einem Korke verschlossen, durch den zwei Glasröhren gehen: das Gasableitungsrohr, an dessen äußerstes Ende die erwähnte thönerne Röhre angesetzt ist, und ein 8—10 Fuß langes Sicherheitsrohr, durch welches man die Salzsäure eingießt. Der zweite Tubulus dient zur Beschickung und ist mit einem Bleipfropfen verschlossen und mit Kautschuk überbunden. Zu unterst in jeden Entwickelungsapparat kommt eine Schicht kleiner Quarzgeschiebe; das Sicherheitsrohr muß beinahe bis auf den Grund dieser Schicht reichen. Darauf kommen dann 50—100 Pfd. Braunstein in 1/4 Cubikzoll großen Körnern ohne Staub, hinreichend für eine größere

Anzahl Feinungen. Der ganze Apparat steht bis zur halben Höhe in einem Wasserbade. Um Gas zu entwickeln gießt man durch das Sicherheitsrohr Salzsäure von 1,15 spec. Gewicht und erwärmt das Wasserbad. Das Gas geht zunächst durch ein Bleirohr, welches mit Zweigröhren für die einzelnen Oefen versehen ist. Die Röhrenverbindungen werden durch vulkanisirten Kautschuk vermittelt, die Verbindungen der Blei- mit den Kautschukröhren werden mit einer dünnen Lösung von Kautschuk in Chloroform gasdicht gemacht. An den Kautschukröhren angebrachte Schraubenquetschhähne dienen zur Absperrung und Regulirung des Gasstromes. Wird der Gasstrom gänzlich gesperrt, so wird die Säure durch das Sicherheitsrohr in ein besonderes, über letzterem angebrachtes Gefäß gepreßt und die Gasentwickelung unterbrochen. Zwei solche Gasgeneratoren vermögen drei gewöhnliche Goldschmelzöfen mit Chlor zu versorgen und täglich 2000 Unzen Gold mit 10 Proc. Silbergehalt zu feinen.

Zunächst werden 17 oder 18 mit Borax präparirte Schmelztiegel in den kalten Ofen gestellt und vorsichtig bis zur dunkeln Rothgluth erhitzt. Dann wird jeder Tiegel mit 600 bis 700 Unzen Gold beschickt, das Feuer verstärkt und das Gold geschmolzen. Wenn dies geschehen ist, gießt man 2—3 Unzen geschmolzenen Borax auf die Oberfläche. Dann führt man das thönerne Rohr vorsichtig in das Gold ein, während man zugleich ein wenig Chlor in dasselbe treten läßt, um das Festsetzen von Metall darin zu verhindern; senkt dann das Rohr tiefer bis nahe an den Boden des Tiegels ein und erhält es in dieser Lage durch passende Belastung mit kleinen Gewichten, worauf man einen kräftigen Chlorstrom eintreten läßt. Damit dieser erhalten bleibe, muß man von Zeit zu Zeit neue Salzsäure durch die Sicherheitsröhre nachfüllen; im Ganzen rechnet man 1 Imperial-Quart (1,136 Liter) Säure von 1,15 spec. Gewicht auf 10 Unzen Silber. Wenn man das Einleiten des Chlorgases in das geschmolzene Gold begonnen hat, sieht man zunächst aus den Löchern der Tiegeldecke einen Rauch entweichen, der von Chlordämpfen unedler Metalle herrührt und besonders bei Anwesenheit von Blei sehr dicht ist; später hört dieser Rauch auf und es entweicht überhaupt nur wenig Gas. Gegen Ende der Operation aber erscheinen

Dämpfe von dunklerer Farbe, und die Vollendung des Feinungsprocesses wird angezeigt durch eine eigenthümliche Flamme oder einen leuchtenden Dampf von bräunlich-gelber Farbe (Chlorgas), den man deutlich sehen kann, wenn man einen kleinen Stöpsel wegnimmt, welcher ein im Tiegeldeckel befindliches Schauloch verschließt. Bei 10 Proc. Silbergehalt stellt sich diese Erscheinung nach etwa 1½ Stunde, vom Beginne der Chlorgaseinleitung an gerechnet, ein; man sperrt nun das Gas ab, hebt die Tiegel aus dem Ofen, nimmt jeden Thontiegel aus seinem Graphittiegel heraus und läßt ihn etwa eine halbe Viertelstunde stehen, bis das Gold erstarrt ist. Dann gießt man das noch flüssige Chlorsilber in eiserne Formen und stürzt die Tiegel auf einem eisernen Tische um, wobei das noch rothglühende Gold als kegelförmiger Regulus herausfällt. Diesen reinigt man oberflächlich und bringt ihn dann noch heiß in eine concentrirte Chlornatriumlösung, um alles noch anhaftende Chlorsilber zu entfernen. Dann ist das Gold gefeint und braucht nur umgeschmolzen und in Zaine oder Barren gegossen zu werden.

Auf diese Weise können, wie Miller angiebt, in drei Oefen von 9 Uhr Vorm. bis 2 Uhr Nachm. täglich gegen 2000 Unzen Gold gefeint werden, so daß 98 Proc. des Feingoldes sogleich zur Ablieferung fertig sind; die übrigen 2 Proc. sind noch im Chlorsilber enthalten.

Um auch dieses Gold zu gewinnen wird das Chlorsilber in einem mit Borax ausglasirten Tiegel mit 8 – 10 Proc. metallischen Silbers zusammengeschmolzen, das auf etwa ⅛ Zoll Dicke ausgewalzt ist. Das Chlor des Chlorgoldes tritt dabei an das Silber, und wenn man das Metall erkalten läßt und das abgeschiedene Chlorsilber abgießt, so enthält das Chlorsilber nur noch etwa 0,03 Proc. Gold (2 Grains per Pfund), eine zu kleine Quantität, als daß sich in Sydney dessen Gewinnung lohnte.

Bei 10 Proc. Silbergehalt rechnet man, daß auf 100 Unzen in Arbeit genommenen Metalles, einschließlich etwas Borax, 16 Unzen Chlorsilber gewonnen werden. Die Reduction desselben kann mittels Eisen- oder Zinkblech oder auch durch die oben beschriebene Batterie von Leibius erfolgen.

Durch den Chlorproceß wird zugleich noch ein anderer

Zweck erreicht. Ein großer Theil nämlich des australischen Goldes, besonders das durch Amalgamation aus den dortigen Quarzgängen gewonnene, ist mehr oder minder spröde und daher nicht ohne weiteres zum Vermünzen und anderweitigen Verarbeiten tauglich. In der Regel rührt dies von einem geringen Blei- oder Antimongehalt her. Durch Behandlung mit Chlor wird nun auch solches Gold völlig geschmeidig.

Der Goldverlust bei dem neuen Verfahren betrug bis zur Zeit der Miller'schen Mittheilungen 0,019 Proc. der verarbeiteten Legirung, der Silberverlust 0,24 Proc. Diese Verluste ließen sich noch reduciren, wenn man die abgehenden Tiegel und die zurückbleibende Asche weiter behandeln wollte, was aber in Sydney nicht lohnen würde.

Die Kosten betragen in Sydney, einschließlich des Verlustes an Gold und Silber, jedoch ohne Berücksichtigung des Aufwandes für die Baulichkeiten und die Verwaltung, durchschnittlich 1 1/4 Penny per Unze. Wo Salzsäure als Nebenproduct von der Sodabereitung billig zu haben ist, wie in England, würden diese Affinirungskosten noch niedriger sein.

Der Feingehalt des so erhaltenen Goldes ist durchschnittlich 993,5 Tausendtel und schwankt zwischen 991 und 997. Das Uebrige besteht aus Silber. Durch nochmaliges Feinen mit Chlor könnte man sogar den Silbergehalt auf 0,2 Proc. reduciren. Der Feingehalt des aus dem Chlorsilber ausgeschiedenen Silbers schwankt zwischen 918,2 und 912,0 Tausendteln, im Mittel ist er 915,6.

In der Münze zu Sydney waren im October 1869, wie aus einer Rede des Colonial-Schatzmeisters hervorgebt, die nöthigen Einleitungen zur definitiven Einführung dieses Systems getroffen. Auch in der Münze in New York ist dasselbe neuerdings im Gebrauch.

Quecksilber.

Ein neues Lager von Quecksilbererz ist kürzlich im Bezirke Sarawak auf Borneo entdeckt worden. Das dortige Erz ist äußerst reichhaltig: eine Probe davon, eine beträchtliche Quantität, bestand fast aus reinem Schwefelquecksilber mit 70 bis 80 Proc. Metall, während die Mehrzahl der jetzt bekannten Quecksilbererze nur 2—20 Proc. Quecksilber

enthält. Ueberhaupt ist Borneo sehr reich an Mineralien aller Art, und seine Erze sind alle von vorzüglicher Qualität.

Kupfer.

Die gesammte Kupferproduction des Jahres 1870 wird auf etwa 1,350,000 Centner angegeben; davon kommen auf

England . . .	350,000	Centner
Chile	280,000	„
Nordamerika . .	200,000	„
Rußland . . .	130,000	„
Oesterreich . .	60,000	„
Preußen . . .	57,000	„
Spanien . . .	40,000	„
Schweden . . .	40,000	„
Cuba	40,000	„
Bolivia und Peru	30,000	„
Belgien . . .	20,000	„
Sachsen . . .	700	„

Rechnet man den Centner im Mittel zu 40 Thaler, so ist der Gesammtwerth der jährlichen Kupferproduction etwa 52 Millionen Thaler.

Ein neues Verfahren zur Gewinnung von Kupfer aus seinen Erzen auf nassem Wege ist von T. Sterry Hunt und James Douglas erfunden und auf den Harvey-Hill-Gruben bei Quebec, Canada, eingeführt worden. Die Erze, welche das Kupfer im oxydirten Zustande enthalten müssen, werden mit einer Lösung von neutralem Eisenchlorür, mit oder ohne Zusatz von Kochsalz oder einem anderen Chloride behandelt; das Eisenchlorür kann man durch Zersetzung von Eisenvitriol mit Chlornatrium oder Chlorcalcium erhalten. Vorzugsweise Benutzung findet ein Bad, das man durch Auflösung von 120 Pfund Kochsalz oder 112 Pfund Chlorcalcium und 280 Pfund Eisenvitriol in 100 Gallonen Wasser und Zusatz von 200 Pfund Kochsalz erhält. Mit dieser Quantität reicht man aus, um 90 Pfund Kupfer zu chloriren und aufzulösen; bei armen Erzen wendet man eine blos halb so starke Lösung an.

Ockrige, nicht schwefelhaltige Kupfererze werden vor der

Behandlung mit dem Bade blos zu feinem Pulver gemahlen; sind sie kohlensäurehaltig, so brennt man sie auch, um die Kohlensäure zu vertreiben, welche ein zu starkes Aufbrausen im Bade verursachen würde. Bei Anwesenheit von viel Kupferoxydul muß dasselbe durch Rösten in Oxyd verwandelt werden. Das so vorbereitete Erz wird nun in das erwähnte Bad gebracht und die Mischung tüchtig umgerührt. Erwärmen ist nicht nöthig, beschleunigt aber die Auflösung des Kupfers, welche man in der Praxis so weit treibt, daß 60 bis 70 Pfund Kupfer in das erwähnte Bad von 100 Gallonen übergehen. Nach dem Ablassen der Flüssigkeit wird der Rückstand noch mit einer geringen Menge heißer Lauge ausgewaschen. Dann wird die Flüssigkeit mit metallischem Eisen digerirt und das Kupfer als Cementkupfer niedergeschlagen. Hierbei bildet sich zugleich aufs neue Eisenchlorür in der Flüssigkeit und diese kann daher wiederum zur Behandlung eines neuen Erzquantums benutzt werden. Doch muß man der Bildung von Eisenoxychlorid wegen der Flüssigkeit von Zeit zu Zeit etwas frisches Bad zusetzen; es braucht indessen dieser Zusatz jedesmal nicht mehr als ein Achtel der ursprünglichen Menge zu betragen und durch Abhaltung der Luft kann man dieses Quantum noch reduciren. Will man Eisenvitriol sparen, so kann man das sich ausscheidende Eisenoxyd mittels schwefliger Säure, die man durch Rösten schwefelhaltiger Erze gewinnt, wieder in Eisenvitriol umwandeln.

Schwefelhaltige Kupfererze bedürfen einer etwas umständlicheren Vorbereitung, indem sie zunächst zu rösten sind. Kiesige, viel Eisen und Schwefel enthaltende, werden in Röstöfen abgeröstet, dann gemahlen und hierauf nochmals geröstet; natürliche Sulfurete dagegen, welche viel Kupfer enthalten, werden erst gemahlen und hierauf, am besten in einem Muffelofen, geröstet. Die Hitze wird nur bis zu dunkler Rothgluth gesteigert, da zu starkes Erhitzen das Kupferoxyd theilweise in Eisenchlorür unlöslich macht. Damit das beim Rösten entstandene schwefelsaure Kupferoxyd zersetzt werde und nicht ins Bad übergehe, setzt man gleich bei Einbringen in das letztere soviel Kalk hinzu, daß alle Schwefelsäure von demselben gebunden wird. Der schwefelsaure Kalk setzt sich dann mit dem durch Zersetzung des Eisenchlorür abgeschiedenen Eisenoxyd zu Boden.

Der Vortheil dieses Verfahrens gegenüber der bisher üblichen Methode der Herstellung des Cementkupfers besteht einmal darin, daß die Flüssigkeit keine freie Säure und, abgesehen von den Einwirkungen der Luft, kein Eisenoxyd enthält, und daß das Kupfer zu etwa $^2/_3$ als Chlorür aufgelöst ist. Beide Umstände ermöglichen aber eine Ersparniß an Eisen zur Reduction des Kupfers und man braucht deshalb zu 100 Pfund nur etwa 60 Pfund Eisen.

Um metallene Gegenstände mit Kupfer zu überziehen bringt G. J. Hinde in Wolverhampton dieselben, nachdem sie wohl gereinigt worden, in eine geschmolzene Mischung von 5—6 Theilen Zink und 1 Theil Kupfer, nimmt sie nach einiger Zeit heraus, destillirt in einer Muffel das Zink ab und polirt den Kupferüberzug blank.

Ueberziehen von Eisen mit Kupfer und Messing auf galvanischem Wege. Die Hauptschwierigkeit, welche sich der galvanischen Verkupferung des Eisens entgegenstellt, ist die Entwickelung von Wasserstoffgas während der Kupferablagerung, sobald man als Lösungsmittel für das Kupfer Alkalisalze (Cyankalium oder verschiedene Combinationen desselben mit Ammoniak und Ammoniaksalzen) anwendet. W. H. Walenn vermeidet diesen Uebelstand, indem er der gewöhnlichen Cyanidlösung feuchtes Kupferoxydhydrat in geringer aber hinreichender Menge zusetzt; zur gänzlichen Verhütung der Gasentwickelung kann man auch noch Kupferoxydammoniak zufügen. Mengt man zur Darstellung eines galvanoplastischen Lösungsbades das Cyanid eines feuerbeständigen Alkalis mit einem Ammoniaksalze, so zeigt die Lösung in der Regel die Eigenschaft, eine aus Messing bestehende Anode aufzulösen und das Messing an eine Kathode, z. B. aus Guß- oder Schmiedeeisen, in einem genügend regulinischen Zustande abzugeben, jedoch unter reichlicher Entwickelung von Wasserstoffgas. Die relativen Mengen von Kupfer und Zink in der resultirenden Legirung werden von der Temperatur des Bades bedingt, bis auf einen gewissen Grad aber auch von der elektromotorischen Kraft, sowie von der relativen Größe der Anode und Kathode.

Als die zweckmäßigste Flüssigkeit hat sich bei Walenn's Versuchen eine wässrige Lösung von gleichen Theilen Cyan-

kalium und weinsauren Ammoniaks bewährt. Wenn diese Flüssigkeit das Cyankupfer und nach Befinden auch Cyanzink empfangen hat, werden die feuchten Oxydhydrate dieser Metalle zugesetzt, und falls sich bei einer Probe Entwickelung von Wasserstoffgas zeigt, wird dem kalten Bade noch ein wenig Kupferoxydammoniak zugesetzt. Die Erwärmung, 60 bis 100° C., bedingt die Farbe des abgelagerten Messings. Am besten bringt man das Bad in ein schmiedeeisernes, mit einem Dampfmantel versehenes Gefäß.

Gegenstände aus Schmiedeeisen oder Stahl, aus gehörig gepuddeltem, von Glühspan und Schlacken freiem Material lassen sich leicht nach dieser Methode mit Kupfer oder Messing überziehen. Um alle Fettspuren von ihnen zu entfernen, werden sie erst einige Minuten in kochende Kalilauge (1 Aetzkali auf 10 Wasser) getaucht, dann in fließendem Wasser abgespült und in einem Bade aus 1 Maaßtheil Vitriolöl und 20 Wasser abgebeizt, doch nur so lange, bis überall die metallische Oberfläche freigelegt ist. Nach sorgfältigem Abspülen kommen dann die Gegenstände in das Bad, in welchem man sie erst einige Zeit verweilen läßt, ehe man den Strom schließt. Letzterer darf anfangs nur schwach sein und wird allmälig mit wachsender Stärke des Ueberzuges verstärkt. Die fertigen Gegenstände werden abgespült und mit heißem Mahagoni-Sägemehl, in dem man sie einige Stunden lang liegen läßt, gut getrocknet.

Gußeiserne Gegenstände kommen gehörig abgeputzt gleich aus der Gießerei in die Beize, werden dann abgewaschen und gehörig mit Sand und Wasser gescheuert, bis sie metallisch glänzen. Dann werden sie in dem alkalischen Bade verkupfert und hierauf kommen sie, wenn man einen Messingüberzug wünscht, in das Messingbad. Im Allgemeinen erfordert die Behandlung gußeiserner Gegenstände größere Sorgfalt als diejenige der schmiedeeisernen und stählernen.

Die Bäder sind andere nicht blos für Guß- und Schmiedeeisen, sondern sogar für die verschiedenen Sorten Gußeisen.

Zur Erzeugung des Stromes reicht ein einziges Smee'sches Element aus. Die Kosten werden zu 2½ Schillinge (25 Ngr.) für ein Pfund Metallniederschlag angegeben.

In der Chemischen Gesellschaft in London zeigte Walenn eine gußeiserne Kattundruckwalze (96 Pfund schwer) vor, welche

zuerst einen dünnen Messing- und dann einen $^3/_{16}$ Zoll dicken Kupferüberzug erhalten hatte (Gesammtgewicht 125 Pfd.).

Einige Legirungen.

Ueber die Zinn-Kupferlegirungen, besonders solche welche zur Herstellung musikalischer Instrumente Verwendung finden, hat A. Riche Versuche angestellt.

Zunächst bestimmte er das specifische Gewicht einer Reihe von Bronzen mit wachsendem Kupfergehalt. Da die Textur dieser Legirungen je nach der Schnelligkeit des Erkaltens sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, so sah er sich genöthigt, dieselben behufs der Bestimmung des specifischen Gewichts in fein gepulvertem Zustande anzuwenden. Die von ihm gefundenen Zahlen sind folgende:

Formel der Legirung.	Procentische Zusammensetzung. Sn	Cu	Mittleres spec. Gew.	Berechnetes spec. Gew.	Differenz.
Sn_5 Cu	90,27	9,73	7,28	7,43	— 0,15
Sn_4 Cu	88,16	11,84	7,31	7,46	— 0,15
Sn_3 Cu	84,79	15,21	7,44	7,50	— 0,06
Sn_2 Cu	78,79	21,21	7,83	7,58	+ 0,25
Sn Cu	65,01	34,99	7,90	7,79	+ 0,11
Sn_2 Cu_3	55,33	44,67	8,06	7,93	+ 0,13
Sn Cu_2	48,16	51,84	8,15	8,04	+ 0,11
Sn Cu_3	38,21	61,79	8,91	8,21	+ 0,70
Sn Cu_4	31,72	68,28	8,77	8,32	+ 0,45
Sn Cu_5	27,09	72,91	8,62	8,40	+ 0,22
Sn Cu_6	23,69	76,31	8,65	8,46	+ 0,19
Sn Cu_7	20,98	79,02	8,72	8,50	+ 0,22
Sn Cu_8	18,85	81,15	8,84	8,54	+ 0,30
Sn Cu_{10}	15,67	84,33	8,87	8,60	+ 0,27
Sn Cu_{15}	11,00	89,00	8,84	8,69	+ 0,15

Die letzte Legirung Sn Cu_{15} ist Kanonenbronze. Wenn man das mittlere beobachtete spec. Gewicht mit dem berechneten vergleicht, so sieht man, daß bei den sehr zinnreichen Legirungen die Contraction mit wachsendem Kupfergehalt langsam wächst, daß sie aber von Sn Cu_2 an sehr rasch wächst und bei Sn Cu_3 ihr Maximum erreicht. Diese Legirung, bei der schon Calvert und Johnston das Maxi-

mum der Contraction nachgewiesen haben, bildet bläuliche, krystallinische Körner, deren Ansehen weder an Kupfer noch an Zinn erinnert, und ist so spröde, daß sie sich im Mörser pulverisiren läßt.

Was das Verhalten beim Ablöschen, Wiedererwärmen und Hämmern anlangt, so hat Caron sicher nachgewiesen, daß Stahl beim Ablöschen eine Verminderung seines specifischen Gewichtes erleidet. Dagegen wird, wie Riche fand, die zur Anfertigung musikalischer Instrumente dienende Bronze mit 20 Proc. Zinngehalt beim Ablöschen dichter; dabei wird sie zugleich weicher, während umgekehrt der Stahl härter wird. Die Dichte des abgelöschten Stahles wächst beim nachherigen Anlassen desselben, während sich die Dichte der abgelöschten Bronze bei gleicher Behandlung vermindert.

Um auch das Verhalten von Stahl und Bronze unterm Hammer, im Prägstock ꝛc. vergleichen zu können, wurden die Metalle in Form von 80 bis 150 Gramm schweren Scheiben unter einem von 4 Mann in Bewegung gesetzten Prägstock behandelt; der Stahl war dabei angelassen, die Bronze bei einigen Versuchen abgelöscht, bei anderen wieder angewärmt. Bei diesen Versuchen stellte sich nun heraus, daß der Stoß die Dichte der Bronze bedeutend vermehrt, während er die des Stahles kaum ändert, sie höchstens um ein Geringes vermindert. Wenn der Stoß unter allen Umständen auf den Stahl dieselbe Wirkung äußern sollte, so würde der Effect desselben auf Stahl wie auf Bronze derselbe sein, wie der des Ablöschens. Bei der Bronze ist dies unzweifelhaft so, und da hier Hitze und Stoß in gleichem Sinne wirken, so nimmt die Dichte der Bronze bei solcher Behandlung sehr beträchtlich zu; nach 5maligem Ablöschen hat sich dieselbe um fast $1/20$ vermehrt. Hiernach ist es auch erklärlich, warum ein Stahlstück, aus welchem etwa ein Münzstempel gefertigt werden soll, eine 30 und selbst 60malige Behandlung im Feuer verträgt, und warum es andererseits auf dem bisher betretenen Wege nicht gelungen ist, aus der chinesischen und türkischen Bronze brauchbare Tamtams und Cymbeln herzustellen; denn zur Herstellung derselben wurde die Bronze gegossen, zum Rothglühen erhitzt, abgelöscht und dann unterm Hammer kalt bearbeitet,

sämmtlich Operationen, welche auf eine Contraction der Legirung und auf ein Reißen derselben während der Arbeit hinwirken. Vielmehr muß man, um wohlklingende Instrumente zu erhalten, den von den Orientalen eingeschlagenen und neuerdings von Champion beschriebenen Weg einschlagen, daß man das gegossene Metall, um es dünn zu machen, bei hoher Temperatur rasch unter dem Hammer behandelt und so die durch die Wärme herbeigeführte Ausdehnung durch die unterm Hammer bewirkte Contraction jedesmal wieder compensirt.

Das Metall der chinesischen Tamtams oder Gongons fand Riche aus 20 Proc. Zinn und 80 Kupfer zusammengesetzt (spec. Gew. 8,948). Aehnliche Bronzen, von 21,5, 20,0 und 18,5 Zinngehalt zeigten sich in der Kälte spröde wie Glas, wurden aber bei 300—350° etwas geschmeidiger und ließen sich bei dunkler Rothgluth hämmern, wie Schmiedeeisen oder Aluminiumbronze; Platten von 6—8 Millim. Dicke kann man bis auf 1 Millim. Dicke aushämmern und die so erhaltenen Blätter haben das Aussehen chinesischen Metalles und geben einen schönen Klang. Die Dichte des Metalles ändert sich nicht wesentlich beim Hämmern oder Auswalzen im rothwarmen Zustande.

Riche hat nun versucht, musikalische Instrumente aus Bronze herzustellen, die allen Anforderungen entsprechen, und er glaubt dieses Ziel vollständig erreicht zu haben. Zur Herstellung von Tamtams, welche den chinesischen nichts nachgeben, nahm er eine Legirung von 78 Proc. Kupfer und 22 Zinn, die er in 23 Millimeter dicke Scheiben goß und dann bei Rothgluth zu 4 Millim. Dicke auswalzte. Die aufgerissenen Ränder wurden noch warm abgeschnitten und die Scheiben im rothwarmen Zustande mit dem Hammer bearbeitet; man begann damit im Mittelpunkte und schritt in concentrischen Kreisen nach dem Umfange vor, wobei man das Metall wohl 20 Mal erwärmen mußte, weil es in der Kälte gleich springen würde. Nach dem Erwärmen wurden die Scheiben allemal heiß abgelöscht, wieder erwärmt und weiter gehämmert. Auf diese Weise wurden die Platten gestreckt und in der Mitte dünner gemacht. Als zuletzt die gewünschte Dicke erlangt war, wurde der Rand mit dem Hammer gebildet. Dann wurde das Metall nochmals abgelöscht.

Riche macht bei dieser Gelegenheit rücksichtlich des Kupfers die Bemerkung, daß dasselbe beim wiederholten Ablöschen und Wiedererwärmen seine Dichte nur wenig ändert. Diese Eigenschaft in Verbindung mit seiner Weichheit machen das Kupfer zu einem zum Prägen geeigneten Metalle. Bronzen von 2—4 Proc. Zinngehalt fand Riche nur wenig härter als Kupfer, bei größeren Stücken von 50—68 Millim. Durchmesser aber machte sich die mit wachsendem Zinngehalt steigende Härte schon merklich geltend. Während eine 7malige Behandlung unterm Prägstocke genügte, um eine Medaille aus Kupfer fertig zu machen, brauchte man eine

10	malige	bei	Bronze	mit 97	Proc.	Kupfer	u. 3	Proc.	Zinn,
12	„	„	„	„ 96,5	„	„	„ 3,5	„	„
13-14	„	„	„	„ 96	„	„	„ 4	„	„
15	„	„	„	„ 95	„	„	„ 5	„	„

Beim Ersatz von 1—2 Proc. Zinn durch Zink erschien die Legirung etwas weicher.

Phosphorbronze. Die Wahrnehmung, daß die Bronze beim Schmelzen einer Oxydation ausgesetzt ist, welche nachtheilig einwirkt, hat zur Anwendung verschiedener Hilfsmittel geführt, um diesen Uebelstand zu vermeiden, als Umrühren mit frischem Holze, Zusatz von Zink und anderen reducirenden Agentien. Während aber diese Mittel ihrem Zwecke nicht ganz entsprachen, fand man, daß Phosphor als Desoxydationsmittel stets gleichartige Resultate gab. Zugleich aber erkannte man, daß die Bronze durch Phosphorzusatz ganz unerwartete, werthvolle Eigenschaften erhält: ihre Farbe wird wärmer, derjenigen des roth karatirten Goldes ähnlich, das Korn gleicht mehr dem des Stahles, die Elasticität wächst um 80, die absolute Festigkeit — nach den von Montefiore-Levy und Kunzel mit langsam erkalteter phosphorhaltiger Bronze angestellten Versuchen — sogar um 174 Proc. Die Härte der Phosphorbronze ist so bedeutend, daß zu ihrer Bearbeitung Instrumente aus besonders hartem Stahl genommen werden müssen. Dabei ist die geschmolzene Masse sehr dünnflüssig, dringt in alle Einzelheiten der Form gut ein und läßt sich daher gut gießen. Die angegebenen Vergleichszahlen zwischen der Elasticität und Festigkeit der gewöhnlichen und der Phosphorbronze wurden durch Versuche mittels einer hydraulischen Presse an Stäben

von 10 Zoll Länge und 1 Quadratzoll Querschnitt gewonnen. Außerdem aber wurden auch noch sechspfündige Geschütze aus beiden Legirungen angefertigt und durch Ueberladung erprobt. Auch hier zeigte sich die Phosphorbronze der gewöhnlichen Bronze dermaßen überlegen, daß die aus der letzteren gefertigten Geschütze bereits außer Gebrauch gesetzt werden mußten, als die aus Phosphorbronze hergestellten noch brauchbar waren. Besonders brauchbar soll die Phosphorbronze zur Herstellung gewisser Bestandtheile der Handwaffen sein. Ebenso hat sie sich für schwere Lager als sehr brauchbar erwiesen, desgleichen für Bolzen an Dampfcylindern, die der Oxydation stark ausgesetzt sind; auch hält man dafür, daß es zweckmäßig sein dürfte, alle Kolbentheile, die der Reibung stark ausgesetzt sind, aus Phosphorbronze herzustellen, weil die Reibung derselben auf Guß nur gering ist, u. s. w. Ihr warmer Farbenton und ihre Härte empfehlen sie außerdem für Statuen, Schmuck- und Decorationsgegenstände.

Als wesentlich wird hervorgehoben, daß man der älteren Bronze durch Umschmelzen mit einer kleinen Menge Phosphor alle die erwähnten Eigenschaften ertheilen kann.

Daß der Phosphor dem Kupfer manche erwünschte Eigenschaften ertheilt, ist schon früher bemerkt worden. So findet sich in Percy's Metallurgie die Bemerkung, daß nach Versuchen von Henry James ein Gehalt des Kupfers an Phosphor ein ausgezeichnetes Schutzmittel gegen das Seewasser sei; spätere Versuche von Percy bestätigten dies. Im J. 1857 nahmen auch A. und H. Parkes in Birmingham ein Patent auf Verbesserung von Kupferlegirungen zu Schiffsbeschlägen durch Phosphor, nachdem sie schon 1848 sich verschiedene phosphorhaltige Metalllegirungen hatten patentiren lassen. Seitdem ist das ursprüngliche Verfahren zur Herstellung dieses phosphorhaltigen Kupfers mehrfach verbessert worden und seit 1866 wird die Fabrikation des letzteren auf den Werken der Stephenson Tube Company zu Birmingham erfolgreich betrieben. Dieses Kupfer, welches $^1/_8$ bis $^1/_2$ Proc. Phosphor enthält, ist sehr hart und homogen, hat eine feine, gleichartige Textur und große Zähigkeit, läßt sich im heißen und kalten Zustande schmieden, ziehen und walzen und findet Anwendung zur Fabrikation von Röhren, Schiffsbeschlägen und zu andern Zwecken,

vorzüglich aber eignet es sich zur Anfertigung großer Walzen für den Zeugdruck.

Ferner hat schon in der Versammlung der British Association im J. 1865 F. A. Abel über Versuche berichtet, welche die Brauchbarkeit des phosphorhaltigen Kupfers zur Anfertigung von Geschützrohren prüfen sollten. Dabei brach ein Zain reinen Kupfers von 1 Quadratzoll Querschnitt bei 25,000 Pfd. Belastung, ein solcher von Kanonenmetall bei 32,000 Pfd., einer aus Kupfer mit 1/2 Proc. Phosphor bei 38,389 Pfd. und ein anderer aus Kupfer mit 1,4 Proc. Phosphor erst bei mehr als 47,000 Pfd. Indessen stellten sich der Anwendung des phosphorhaltigen Kupfers zum Geschützgusse noch allerlei praktische Schwierigkeiten entgegen.

Weißes Messing (Withe brass) heißt eine von P. M. Parson erfundene und auf der Thames Foundry East Greenwich, fabricirte Legirung, welche nach der darüber vorliegenden Erfahrung für Zapfenlager und ähnliche Maschinentheile von Wichtigkeit sein dürfte. Dieses Metall ist härter, fester und klingender als andere unter dem Namen „Weißmetall" bekannte Legirungen; beim Drehen, Bohren ꝛc. verhält es sich wie Messing, verstopft die Feile nicht und nimmt eine hohe Politur an, dabei ist sein Schmelzpunkt so niedrig, daß es in einem eisernen Löffel über gewöhnlichem Feuer geschmolzen werden kann. Letztere Eigenschaft macht es besonders zum Montiren von Maschinen sehr werthvoll. Man kann es auch in Metall-, sowie in Sand- und Lehmformen gießen. In England ist dieses übrigens, wie es scheint, noch wenig bekannte Metall schon seit einer Reihe von Jahren in verschiedenen Maschinenfabriken und auf großen Eisenbahnen im Gebrauch, wobei es sich als besonders geeignet für Zapfenlager, sowie für Reibungsflächen überhaupt, erwiesen hat. Es ist billiger und dabei weit dauerhafter als gewöhnliches Messing oder Kanonenmetall. In dieser Hinsicht sind besonders die im J. 1862 auf dem Great Northern Railway angestellten Versuche von Interesse. Man hatte die Achsen von Wagen, die in den Expreßzügen zwischen London und Edinburgh liefen, an dem einen Ende mit gewöhnlichen Messinglagern, an dem andern mit Lagern aus Parsons Legirung versehen. Dabei hatten u. a. zwei Lager von weißem Messing an einem Brems-

wagen, der 19,400 engl. Meilen zurückgelegt hatte, nur 2 Unzen an Gewicht verloren, während bei den am andern Ende des Wagens angebrachten Messinglagern der Gewichtsverlust 2 Pfd. 4 Unzen betrug. Nirgends zeigte sich bei Anwendung des weißen Messings ein Warmlaufen der Zapfen und aller sonst dadurch veranlaßte Aufenthalt bei den langen Expreßzügen zwischen London und Edinburgh ist seit der Einführung der Achsenlager aus weißem Messing in Wegfall gekommen.

Als Metall für Zapfenlager ꝛc. hat J. Hoyle in Wheelton eine Legirung von 24 Th. Zinn, 32 Blei und 6 Antimon empfohlen. Dieselbe soll ebenfalls Reibung ohne Erhitzung länger Zeit vertragen.

Metallcompositionen für Dampfschieber ꝛc. Nach dem „Prakt. Maschinen-Constructeur" hat sich zur Ausfütterung gußeiserner Schieber eine Legirung bewährt, die man auf folgende Weise erhält: Zu 30 Th. geschmolzenen Kupfers werden 70 Th. Antimon zugesetzt, worauf man die Masse unter stetem Umrühren in 13 Millim. starke Platten ausgießt. Dann schmilzt man 45 oder 90 Th. Zinn und setzt 5, beziehentlich 10 Th. von erster Masse hinzu, worauf man wieder 13 Millim. starke Platten gießt. In letzterem Zustande ist die Composition, in einem Gießlöffel geschmolzen, aber nicht zu heiß, für Schieber-, Achs-, Kuppelstangen, Excenterringe ꝛc. verwendbar.

Volk in Regensburg hat seit 5 Jahren zur Ausfütterung der Schieber an etwa 100 Locomotiven mit Nutzen eine Legirung aus 5,6 Proc. Kupfer, 11,2 Proc. Zinn und 83,2 Proc. Zinn benutzt. Außerdem hat derselbe noch folgende von ihm seit 10 Jahren erprobte Legirungen angegeben.

I. Für Dampfschieber: 81,9 Kupfer, 3,3 Zink und 14,8 Zinn; oder 67,8 Kupfer, 22,0 alte Messingsiederöhren, 10,2 Zinn.
II. Für Pumpenkörper, Hahn- und Ventilgehäuse: 87,7 Kupfer, 10,7 Zink, 1,6 Zinn.
III. Für Stopfbüchsen, Ventilkugeln, Ventilkegel, Hahnwirbel: 86,2 Kupfer, 3,6 Zink, 10,2 Zinn.
IV. Für Hartlager und Excenterringe: 90 Kupfer, 10 Zinn.
V. Für Conus und Flanschen, die an Kupferröhren hart anzulöthen sind: 89,3 Kupfer, 10,7 Zink.

VI. Für Kolbenringe, Maschinen- und Wagenachsenlager: 94 Messingspäne, 6 Kupferspäne.

VII. Messing 1. Qualität: 81,0 Kupfer, 14,3 Zink, 4,7 Zinn; 2. Qualität: 8 Kupfer, 16 Zink, 4 Zinn; 3. Qualität: 20 Kupfer, 78 alte Messingröhren, 2 Zinn.

VIII. Schlagloth zum Hartlöthen: 53,3 Kupfer und 46,7 Zink.

IX. Composition: 10,6 Kupfer, 15,7 Antimon, 73,7 Zinn.

Ashberrium nennt Ashberry in Sheffield eine von ihm dargestellte, zum Ersatz des Britanniametalles bestimmte Legirung aus 80 Zinn, 14 Antimon, 2 Kupfer, 2 Nickel, 1 Aluminium und 1 Zink; bei wohlfeilen Artikeln soll noch Blei zugesetzt werden.

Eine Legirung zum Plombiren der Zähne, die in England in Form ziemlich grober, fast weißer Feilspäne in den Handel kommt, besteht aus 61,1 Zinn, 38,8 Silber und 0,1 Kupfer, was wahrscheinlich nur durch Anwendung unreinen Silbers hineingekommen ist. Vor der Verwendung wird diese Legirung amalgamirt, indem man sie in einem Löffel mit etwas Quecksilber erwärmt. Das auf diese Weise sehr leicht und rasch zu erhaltende Amalgam wird noch warm in sämischgarem Leder mit einer Zange gepreßt, wodurch man das Quecksilber entfernt, und ist nun für den Gebrauch fertig. Vor dem Kupferamalgam, welches etwas härter ist, hat diese Legirung den Vorzug, daß sie im Munde vollkommen ihre weiße Farbe behält.

Blei.

Dünnes Bleiblech wird nach einer Mittheilung von Burggraefe mit gutem Erfolge im Genfer Hospitale zum Verbinden von Fabrikwunden benutzt. Die Bleiblätter, welche nach Art des englischen Pflasters angewandt werden, bleiben in Berührung mit der Wunde weich und kühl; die Anwendung von Charpie, fast immer eine dauernde Ursache der Erhitzung und Infection, wird dadurch erspart; die sich bildende Schwefelverbindung verhindert die Fäulniß und die Entwickelung der sie begleitenden Organismen; auch kann man die Wunde ohne Störung des Verbandes mit kaltem Wasser erfrischen.

Verzinnte Bleiröhren. Um die Gefahren zu vermeiden, welche die Anwendung von Bleiröhren mit sich führt, die auf gewöhnliche Weise inwendig verzinnt sind, versieht Hamon die Bleiröhren mit einer inneren Zinnschicht von wenigstens 1/2 Millimeter Stärke, so daß förmliche Zinnröhren mit Bleimantel entstehen. Zur Herstellung derselben bedient er sich einer vertikal aufgestellten Gußform, in welche man erst ein großes Bleirohr und dann in dessen innere Flächen ein Zinnrohr gießt. Das innere Locheisen besteht aus zwei concentrischen Cylindern von verschiedenen Durchmessern. Das in die Form gegossene Blei füllt nach und nach beim Heraufsteigen den durch den großen Cylinder gelassenen Raum aus; sobald dasselbe nun ein Wenig fest geworden, wird das Locheisen durch hydraulische Pressen nach und nach in die Höhe gedrückt, so daß das zweite Locheisen, welches geringere Dimensionen hat, in der Gießpfanne zum Vorscheine kommt. Das nun eingegossene Zinn füllt den Raum zwischen dem ersten Cylinder und dem Locheisen aus. Damit das Zinn an dem Blei besser haftet, ist der Rand des größeren Locheisens gerippt. Die so hergestellten Röhren haben 0,4 Meter Länge bei 0,2 Meter äußerem Durchmesser und werden auf einer Zugmaschine zu langen Röhren ausgezogen.

In anderer Weise hat Julien Grand die Herstellung solcher Röhren beschrieben. Die beiden Metalle werden in eine horizontale Form mit hohlen Zapfen eingegossen, die sich mit großer Geschwindigkeit um ihre Achse dreht. Blei und Zinn werden dabei in einem und demselben Tiegel geschmolzen, von dessen Boden eine durch einen Stöpsel verschließbare Röhre in einen der hohlen Zapfen der Gußform führt. Entfernt man den Stöpsel, so fließt zuerst das Blei, als das schwerere Metall, in die Gießform und bildet die äußere Rohrwand, während das später in die Form gelangende Zinn die innere Schicht bildet. Uebrigens kann man auch Zinn und Blei in verschiedenen Tiegeln schmelzen und erst dieses, dann jenes in die Form fließen lassen. Mit einer hydraulischen Presse giebt man dann den so erhaltenen Röhren mittels Zieheisen und Dorn beliebige Dimensionen.

Gepreßte Zinnröhren mit Bleimantel liefert seit einiger Zeit auch die Fabrik von J. Theod. Stroof in Cöln, des-

gleichen Walker, Campbell & Co. in Liverpool (nach einem Patente von Haines). Wegen der größeren Festigkeit des Zinnes brauchen diese Röhren nicht so stark zu sein als Bleiröhren und sie kommen in Folge dessen nicht theuerer zu stehen als Bleiröhren von gleicher Festigkeit. Besonders werden sie für Wasserleitungen, Brauereien, Brennereien, chemische Fabriken und Anstalten zur Bereitung künstlicher Mineralwässer empfohlen.

Bleivergiftung. Als wirksames Präservativmittel für Arbeiter, welche Bleipräparate darstellen, hat Didierjean das regelmäßige Trinken von Milch bewährt gefunden, wie auch schon anderweit beobachtet worden ist. Derselbe läßt für den Betrieb seiner Glashütte Mennige fabriciren und mußte dabei bei seinem aus 18 Köpfen bestehenden Arbeiterpersonal die Erfahrung machen, daß fast beständig mehrere an schwerer Kolik erkrankt waren. Die dagegen angewandten Mittel blieben ohne Erfolg. Da wurde gegen Ende 1867 Didierjean's Aufmerksamkeit auf zwei Arbeiter gelenkt, welche niemals erkrankten. Dieselben brachten täglich eine Ration Milch mit, welche sie zu ihrem Mittagsessen in der Fabrik tranken. Darauf hin wurde dann jeder Arbeiter der Mennigefabrik zum Genuß von 1 Liter Milch täglich verpflichtet und nach dem an die Pariser Akademie erstatteten Berichte war seitdem 18 Monate lang kein Kolikfall in der Fabrik mehr vorgekommen.

Zink.

Die Zinkproduction des Jahres 1870 wird (Wagner's Handb. d. chem. Techn.) wie folgt veranschlagt:

Schlesien	780,000	Centner.
Rheinische Gesellschaften . .	220,000	„
Vieille Montagne	704,000	„
Uebrige belgische Gesellschaften	190,000	„
Spanien	30,000	„
England	150,000	„
Frankreich	10,000	„
Oesterreich	40,000	„
Polen	30,000	„
	2,154,000	Centner.

Um Zinkgegenstände mit einem dauerhaften Ueberzuge von Eisen zu versehen, soll man dieselben nach Puscher in ein durch Auflösen von 10 Loth kupferfreien Eisenvitriols und 6 Lth. Salmiak in 5 Pfd. kochenden Wassers erhaltenes Bad eintauchen, den in etwa 1 bis 2 Minuten abgelagerten lockern Ueberzug durch Abbürsten mit Wasser wieder entfernen, dann die Gegenstände abermals in das heiße Eisenbad bringen und dieselben nach dem Herausnehmen, ohne sie vorher abzuspülen, so lange über einem Kohlenbecken erhitzen, bis keine Ammoniakdämpfe mehr entweichen. Dann erst soll man sie abspülen und dieselbe Operation drei- oder viermal wiederholen. Der so erhaltene schwarze Ueberzug erhält durch Bürsten Glanz und haftet sehr fest.

Ein Zinkamalgam für die Reibzeuge von Elektrisirmaschinen stellt F. Dietlen in Klagenfurt her, indem er Zinkspäne mit Petroleum übergießt, die gleiche Menge Quecksilber zusetzt (ein Ueberschuß fördert den Proceß), dann das Ganze in einer Schale zu einem gleichmäßigen Breie reibt und das überschüssige Quecksilber und Petroleum zwischen doppelter Leinwand abpreßt. Die zurückbleibende, anfangs weiche Masse wird bald hart, läßt sich fein pulverisiren und wird mit etwas Fett auf das Reibzeug aufgetragen, wo es als glänzender Spiegel erscheint. Die Glasscheibe wird zweckmäßig mit einem schwach mit Petroleum benetzten Leinwandlappen abgewischt.

Cadmium.

Schwefelcadmium hat sich als das beste Mittel zum Gelbfärben von Toiletteseifen bewährt; man hat nur wenig dieser Verbindung nöthig, um der Seife eine lebhafte, schöne gelbe Farbe zu ertheilen, die weder durch Sonnenlicht, noch durch die Zeit leidet. Das Cadmiumgelb wird mit etwas Oel sorgfältig und fein angerieben und unter fortwährendem Umrühren der Seifenmasse zugesetzt, in der es sich nicht auflöst, sondern nur vertheilt. Die chemische Fabrik von E. Schering in Berlin liefert zwei Sorten Cadmiumgelb für diesen Zweck, ein citrongelbes und ein orangegelbes.

Eisen.

Die Roheisenproduction des Jahres 1870 wird zu reichlich 200 Millionen Centner im Werthe von ungefähr 650 Millionen Thaler angegeben; davon kommen auf

England und Schottland	115,000,000	Centner
Frankreich	24,500,000	„
Nordamerika	20,200,000	„
Preußen	16,300,000	„
Belgien	8,900,000	„
Oesterreich	6,750,000	„
Rußland	6,000,000	„
Schweden	4,500,000	„
Luxemburg	1,000,000	„
Bayern	732,000	„
Sachsen	280,000	„
Württemberg	138,000	„
Baden	16,000	„
Hessen	250,000	„
Braunschweig	90,000	„
Thüringen	18,000	„
Australien	2,000,000	„
Italien	750,000	„
Spanien	1,200,000	„
Norwegen	500,000	„
Dänemark	300,000	„
	209,524,000	Centner.

In England hat man in neuerer Zeit bei der Roheisenerzeugung ganz bedeutende Brennstoffersparnisse und Vermehrung der Production dadurch herbeigeführt, daß man den Inhalt der Hohöfen vergrößert und den Wind stärker erhitzt hat. Nach Mittheilnngen von Bernh. Samuelson hat hat man z. B. zu Newport bei Middlesbrough den Inhalt der Oefen von 5000 auf 16,000 und neuerdings bis auf 30,000 Cubikfuß Inhalt gebracht, und während man früher den Wind nur auf 650° F. (343° C.) erhitzte, erhitzt man ihn jetzt auf 1100° F. (593° C.). Bei den neuesten Oefen ist die Production bis auf 490—500 Tonnen per Woche ge-

stiegen und man verbraucht auf eine Tonne Roheisen nur 20,35 Centner Kohlen, während im Jahre 1854 noch 32 bis 40 Ctr. und später 23—24 erforderlich waren.

Die cylindrischen, mit Eisenmantel umgebene Röstöfen fassen 630 Tonnen Eisen- und Kalkstein. Letztere werden durch einen Aufzug, welcher 92 Fuß Niveaudifferenz zu überwinden hat, nach der Gicht befördert.

Die Hohöfen selbst haben 4 Düsen, 85 Fuß Höhe, 13 Fuß Gichtweite, 8 Fuß Herddurchmesser, 28 Fuß Kohlensackdurchmesser und 3½ Fuß Formhöhe Sie haben 30,085 Cubikfuß Fassungsraum. Die aufgegangenen Gichtgase werden zur Winderhitzung und zur Dampfkesselheizung verwandt. Vor dem Chargiren zeigten die Gichtgase 634°, nach demselben 315° C., im Durchschnitte 245,°8 C.

Der Winderhitzungsapparat für jeden Ofen besteht aus 9 Abtheilungen, von denen aber immer nur 8 im Betriebe sind, eine jede mit 12 Hosenröhren von oblongem Querschnitt und mit zusammen 10,000 Quadratfuß Heizfläche per Ofen. Die heiße Luft tritt mit nur 3¾ Pfd. Pressung in die Düse.

Die Gebläse liefern jedem Ofen etwa 8000 Kubikfuß Wind per Minute mit 4½ Pfd. Ueberdruck. Zur Bewegung der Materialien und Schlacken dienen zwei kleine Locomotiven.

Selbstkokende Steinkohlenhohöfen. Während die englischen Hohöfen mit Koks arbeiten, sahen sich die schottischen Eisenhüttenbesitzer, in Folge der Beschaffenheit ihrer Steinkohlen, die sich nur schwer verkoken lassen und einen Koks liefern, der auch nicht entfernt dem berühmten harten Durham-Koks gleicht, bisher genöthigt, rohe Steinkohlen zu verwenden. Bei der geringen Tragfähigkeit dies Materiales war man auf kleine Hohöfen von geringer Productionsfähigkeit beschränkt und man konnte nicht daran denken, wie in dem Cleveland-distrikte in England die Oefen zu erhöhen und die Gicht zu schließen, um die abziehenden Gase zu weiterer Benutzung aufzufangen. Bei dem kohlenverwüstenden Charakter der Oefen kam daher die Roheisenproduction in Schottland weit höher zu stehen, als in England und es konnte nicht fehlen, daß dieser Umstand ernste Besorgnisse bei den schottischen Eisenwerkbesitzern hervorrief. Nicht minder wurden auch die schottischen Techniker veranlaßt, auf Einrichtungen zu sinnen, welche den be-

regten Uebelstand beseitigen könnten, und diese Bemühungen sind auch nicht ohne Erfolg geblieben.

Zuerst gelang es William Ferrie, Betriebsdirector der Monkland Jron and Steel Works bei Glasgow, einen Hohofen mit geschlossener Gicht herzustellen, in welchem man rohe schottische, stark schwelende Steinkohle anwenden kann. Dieser Ende October vor. J. angeblasene Ofen hat 83 Fuß Höhe bei 18 Fuß Rostweite und 12½ Fuß Gichtweite. Die Gichtmündung ist mittels einer Glocke und eines Aufgebrumpfes (Trichters) geschlossen; die entweichenden Gase werden auf gewöhnliche Weise von der Gicht aus dem Winderhitzungsapparate zugeführt. Um die durch die Gicht aufgegebenen Kohlen im obern Theile des Schachtes verkoken zu können, sind in demselben bis zu einer Tiefe von 20 Fuß 4 senkrechte, von der Mitte radial auslaufende, auf Bögen ruhende Mauern angebracht, die den ganzen obern Schachtraum in 4 Theile oder Kammern theilen. Diese Scheidewände, sowie auch die peripherischen Mauern sind von Canälen durchzogen, in denen ein Theil der in der obern Schachtgegend gefaßten und bis zum Niveau der Kammern hinabgeleiteten Gase, nachdem man ihnen durch im Rauhgemäuer des Ofens angebrachte Roste oder Gitter die nöthige Menge atmosphärischer Luft zugeführt hat, entzündet und verbrannt wird. Durch Essen an der Gichtmündung wird der Zug in diesen Canälen befördert. Die in den Canälen herrschende Temperatur von 1500—1700° F. (816—927° C.) wirkt durch die 9 Zoll starken Mauern hindurch und verkokt die in den Kammern befindliche Kohle mehr oder weniger. Außerdem wird aber durch die radialen Mauern auch der Reibungswiderstand, der sich dem Niedergehn der Beschickung entgegenstellt, vermehrt und es wird den in den Kammern gebildeten Koks ein Theil des sonst auf ihnen lastenden Druckes abgenommen. Sonst würden ohne Zweifel so mürbe Koks, wie die schottische Kohle sie giebt, eine so hohe Schmelzsäule nicht tragen können.

Die in Schottland angestellten Versuche haben auch in der That die Ueberlegenheit der Ferrie'schen Hohöfen über die gewöhnlichen schottischen mit offner Gicht dargethan; bei Versuchen auf den Werken der Monkland Jron and Steel Company verbrauchte z. B. ein Ferrie'scher Ofen per Tonne Roheisen

35,4 Centner Kohle, ein gewöhnlicher schottischer aber über 51,18 Centner.

Kaum war aber Ferrie's Hohofenanordnung in den betheiligten Kreis bekannt geworden, als von Richard Brown, Ingenieur von Shotts Jron Company, ein neuer Schritt in der gleichen Richtung gethan wurde. Brown erreicht die angestrebte Brennmaterialersparniß durch eine verhältnißmäßig einfache Abänderung der bisher in Schottland üblichen Oefen. Sein Ofen besteht nämlich aus zwei übereinander liegenden Schächten, von denen der untere den gewöhnlichen Typus der schottischen Hohöfen und eine Höhe von 45—55 Fuß hat, während der obere 25—30 Fuß Höhe und überall die gleiche Weite von ungefähr 12 Fuß besitzt. Die Gicht des unteren Ofens ist bedeckt, etwas unterhalb derselben befindet sich seitwärts eine Oeffnung zum Ablassen der Gase, die den Winderhitzungsapparaten und Dampfkesselherden zugeführt, zum Theil aber auch in die Züge geleitet werden, welche zwischen dem obern Schacht und dem Rauhgemäuer angebracht sind. Aus diesen Zügen treten sie durch eine Anzahl Oeffnungen in den obern, offengichtigen Schacht, wo sie mit Luft gemengt und entzündet werden. Nur der untere Schacht wird unmittelbar mit Brennmaterial beschickt; in den oberen Schacht wird nur der rohe oder geröstete Eisenstein und der Zugschlagskalk aufgegeben. Die Wirkung der verbrennendeu Gase beschränkt sich hier, wenn die hinlängliche Menge vorhanden ist, auf das Erhitzen der Materialien und die Austreibung von Wasser und Kohlensäure; doch kann man wohl auch von der desoxydirenden Wirkung der verbrennenden Gase Gebrauch machen. Durch eine in der Sohle des obern Schachtes angebrachte, beliebig zu öffnende Thür gelangen die gehörig vorbereiteten Materialien in den untern Schacht, und zwar zunächst in einen Kasten, welcher auf einer nach der Mitte des untern Schachtes führenden schiefen Ebene angebracht ist. Ist dieser Kasten gefüllt, so wird seine obere Thür geschlossen, seine Sohle dagegen geöffnet und der Inhalt fällt nun in den unteren Schacht. Man kann so leicht die Menge des aus den obern Schachte in den untern gelangenden Materiales controlliren und darnach die Beschickung des unteren Schachtes normiren. Die Einbringung des Brennmateriales in den untern Schacht erfolgt

durch mehrere in gleichen Abständen an den Seiten angebrachte Canäle, welche nach der Mitte des Ofens gerichtet sind, um auf diese Weise eine möglichst innige Mischung des Brennmateriales mit dem Eisenstein und den Zuschlägen zu erzielen.

Hämmerbares Gußeisen (vergl. dieses Jahrb. I S. 285, III S. 366, V S. 323, VI S. 213). Um den großen Brennmaterialaufwand und Zeitverlust zu beseitigen, welche bei der gewöhnlichen Herstellungsweise des hämmerbaren Gußeisens dadurch entstehen, daß der Glühofen von jedem neuen Einsetzen wieder abgekühlt wird, hat John Tenwick vor einiger Zeit auf den Eisenwerken von Hornsby und Söhne in Grantham einen Glühofen mit kreisförmigem, rotirendem Herde construirt, der seitdem auch anderwärts, z. B. auf den Werken von John Crowley & Co. in Sheffield, Sims und Head in Ipswich und anderen, Eingang gefunden hat. Der kreisrunde Herd, auf welchem die Glühbüchsen für das Eisen aufgestellt werden, besteht aus einzelnen Wagensectoren, die insgesammt auf einer Drehscheibe ruhen. Diese Sectoren laufen auf Schienen, die auf der Drehscheibe ihre Fortsetzung finden und können so zum Ofen hin und von demselben weg gefahren werden. Die Rostfeuerung ist an zwei entgegengesetzten Seiten des Ofens angebracht, die Verbrennungsgase ziehen zwischen den auf den Sectoren aufgestellten Glühtöpfen hindurch, erwärmen dieselben gleichmäßig und ziehen dann durch das Gewölbe des Glühraumes ab. Die Bewegung der Drehscheibe erfolgt entweder mit der Hand, und zwar so, daß dieselbe bei jeder Schürung oder Nachfeuerung um $^1/_6$ weiter gedreht wird, was in Folge der Uebersetzung selbst bei Bearbeitung schwerer Stück leicht vom Heizer besorgt werden kann; oder man hat Maschinenbetrieb, bei welchem man der Drehscheibe eine continuirliche Bewegung ertheilt, so daß sie in 3 Stunden einmal herumgeht. Da zur Fortschaffung eines Sectors und zur Einbringung eines neuen kein großer Zeitaufwand erforderlich ist, so kann man den Ofen ohne Unterbrechung der Heizung allmälig entleeren. Man hat auch nicht, wie bei den alten Oefen, nöthig, ein kleines Gußstück, welches eigentlich nur kurze Zeit zu tempern wäre, ebenso lange der Hitze auszusetzen, als ein großes. Allerdings wird behauptet, daß die Vertheilung der Wärme in diesem Ofen keine recht gleichmäßige sei, auch sollen die

Mechanismen zum Drehen öfters reparaturbedürftig sein; da indessen die Tenwick'schen Oefen vielfach Anklang gefunden haben, so schienen diese Uebelstände nicht von Belang zu sein.

P. E. Poulet, E. Nagant & Co. stellen hämmerbaren Guß dadurch her, daß sie die Eisengüsse in eine geschmolzene, eisenoxydhaltige Schlacke eintauchen. Dieselbe wird aus Kieselsäure, Alkali, Kalk u. s. w. gebildet und reichlich mit Eisenoxyd versetzt; natürlich muß ihr Schmelzpunkt niedriger sein als der des Gußeisens.

Eine neue Methode zur Reinigung des Roheisens behufs der Stabeisen- und Stahlbereitung ist von Henderson angegeben worden. Das Feinen des Eisens, die Entfernung des Phosphors und Siliciums aus dem Eisen, soll durch diesen Proceß schneller und bei weitem billiger bewirkt werden, als nach den bisher angewandten Methoden. Als Agentien verwendet Henderson Fluor und Sauerstoff, welche von Flußspath und sauerstoffreichem Eisenerz (Rotheisenstein oder geröstetem Spatheisenstein) geliefert werden. Beide Materialien, der Flußspath und das Eisenerz, werden zerkleinert und durch ein Sieb geworfen, welches 400 Maschen auf dem Quadratzoll hat. Von den durchgegangenen feinen Massen mengt man 1 Th. Flußspath und 2 Theile Eisenerz und bildet damit in den Gußschalen, in welche man das vom Hohofen abgestochene Roheisen fließen läßt, eine 1/4 bis 3/8 Zoll dicke Schicht. Dann läßt man das Roheisen in die Schalen fließen, so daß sich 1 Zoll dicke Platten bilden. In Folge der Hitze des flüssigen Eisens soll eine Verbindung des Sauerstoffs und Fluors mit dem Phosphor und Silicium des Eisens stattfinden und die das Eisen verunreinigenden Bestandtheile sollen verflüchtigt werden. Die Wirkung in den Gußformen ist ähnlich derjenigen des Aufkochens beim Puddelproceß und dauert etwa 5 Minuten. Das flüssige Eisen ist während dessen mit Flammenstrahlen und Rauch bedeckt. Das in den Formen erhaltene Metall ist so rein von Silicium und Phosphor, wie geschmeidiges Eisen.

In der Nähe von Pittsburg verwendet man zu diesem Processe ein aus Hämatit mit Koksabfall erblasenes Koksroheisen. Dasselbe wird nach dem Feinen gepuddelt und zu rohen Barren ausgestreckt, dann noch einmal erhitzt und zu käuflichen Stangen-

eisen (Stabeisen) ausgewalzt. Die Analyse des Roheisens, Fein- und Stabeisens von Pittsburg ergab in 100 Theilen folgende Mengen Kohlenstoff, Phosphor ꝛc.

	Roheisen.	Feineisen.	Stabeisen.
Chem. gebundener Kohlenstoff	0,2040	0,3613	nicht best.
Graphit	2,7685	2,5066	" "
Silicium	2,3096	0	0
Schlacken (Silicate)	0,3623	0,2983	nicht best.
Phosphor	0,4196	0,1029	0,0087
Schwefel	0,1298	0,1269	0,0438

Den Aufschwung der deutschen Stahlproduction im Laufe des letzten Jahrzehents lassen folgende Zahlen recht deutlich erkennen. Es betrug

im Jahre	die Zahl der Werke	die Production Centner	die Production im Werth v. Thlr.	die Zahl der Arbeiter
1860	167	506,241	4,038,424	3,915
1861	167	685,177	5,492,112	4,838
1862	185	817,327	6,181,921	6,161
1863	177	1,085,009	7,733,613	9,482
1864	170	1,427,179	11,940,473	10,756
1865	169	1,990,861	16,299,105	12,947
1866	215	2,288,674	19,312,838	12,821
1867	214	2,451,826	19,415,923	12,220
1868	203	2,456,736	19,215,301	11,415
1869	206	3,226,387	22,656,803	12,578

Hiernach ist die Productionsmenge im Laufe dieser zehn Jahre im Verhältnisse von 1 : 6,37, der Werth im Verhältnisse von 1 : 5,61 und die Arbeiterzahl im Verhältnisse 1 : 3,21 gewachsen.

Von der Gesammtproduction des Jahres 1869 kommen auf Preußen 92,6 Procent oder 2,987,319 Centner im Werthe von 21,721,196 Thlr., und es entfallen davon auf die drei am meisten producirenden Regierungsbezirke

Düsseldorf	: 1,417,210	Ctr. im Werthe v.	13,767,050 Thlr.
Arnsberg	: 1,288,166	" " " "	6,559,651 "
Aachen	: 163,650	" " " "	667,054 "

Von den übrigen deutschen Staaten nahmen an der genannten Jahresproduction theil: Sachsen mit 189,790 Ctr. (im Jahre 1870 dagegen producirte die Königin-Marienhütte bei Zwickau 228,431 Ctr. Bessemerstahl), Bayern mit 40,000 Ctr., Würtemberg mit 7,117 Ctr., Braunschweig mit 1,361 Ctr. und Thüringen mit ca. 9000 Ctr.

Die Gußstahlfabrik von Krupp in Essen (vergl. Jahrg. I des Jahrb., S. 283) producirte im Jahre 1870 130 Millionen Pfund Gußstahl, der zu Achsen, Rädern und Bandagen für Eisenbahnwagen, Schienen und Federn, Achsen für Dampfschiffe, verschiedenen Maschinentheilen, Kesselblechen, Walzen, Werkzeugstahl und Kanonen verarbeitet wurde. An Betriebsmitteln waren vorhanden: 514 Schmelz-, Glüh- und Cementöfen, 169 Schmiedeessen, 249 Schweiß-, Puddel- und Wärmeöfen, 245 Koksöfen, 120 andere Oefen verschiedener Art, 340 Drehbänke, 119 Hobelmaschinen, 65 Fräsbänke, 114 Bohrmaschinen, 90 Schleifbänke, 120 Maschinen verschiedener Art, 150 Dampfkessel, 256 Dampfmaschinen mit 8377 Pferdestärken (darunter 1 à 1000, 3 à 800, 1 à 500, 1 à 200, 1 à 160, 3 à 150, 1 à 120, 3 à 100 Pferdestärken und 242 schwächere) und 56 Dampfhämmer im Gewicht von 3091½ Ctr. (je einen à 400, 200, 150 und 140 Ctr., 2 à 110, 3 à 100 Ctr. und 36 von geringerem Gewicht). Die Zahl der Arbeiter belief sich auf 7100.

Ueber den Einfluß, den der Mangangehalt des Eisens bei der Stahlfabrikation ausübt, gehen die Ansichten auseinander; denn während die Einen behaupten, daß ein merklicher Mangangehalt im Stabeisen und Stahl die Geschmeidigkeit und Elasticität erhöht, sind andere Metallurgen der Ansicht, daß das Mangan Härte und große Festigkeit auf Kosten der Hämmerbarkeit und Geschmeidigkeit erzeugt, also auf Kosten von Eigenschaften, welche man bei allen neueren Sorten „weichen Stahles" vorzugsweise erstrebt. Die Wirkung des Mangans beim Stahlmachen würde nach dieser Ansicht lediglich darin bestehen, daß es die Entfernung des überflüssigen Sauerstoffes und Siliciums aus der Masse befördert, indem es sich damit verbindet und in die Schlacke übergeht. Thatsache aber ist, daß man überall die Anwendung von Mangan zur Stahlbereitung als nothwendig erkannt hat. Bei der

älteren Methode des Umschmelzens von Blasen- und Cementstahl im Schmelztiegel ist (nach Ferd. Kohn) noch jetzt ein Zusatz von Mangancarburet, im Jahre 1839 dem Erfinder Josiah Marschall Heath patentirt, im Gebrauch; doch zieht es Heath jetzt vor, die Schmelztiegel mit einem Gemenge von Manganoxyd und Kohle zu beschicken; beim Bessemern erscheint ein Zusatz von manganhaltigem Spiegeleisen als wesentliche Bedingung des Erfolges und auch beim Martin-Siemens'schen Stahlprocesse benutzt man Manganlegirungen.

Wie schon erwähnt ist der gewöhnliche Zusatz beim Bessemerproceß Spiegeleisen aus dem Siegener Lande, ein Roheisen, welches aus manganhaltigem Spatheisenstein, wie sich solcher namentlich am Stahlberge bei Müsen in einem mächtigen Lager findet, erblasen wird. Ueber die zur Bildung solchen Spiegeleisens nöthigen Bedingungen hat unlängst noch v. Carnap sich eingehend ausgesprochen (vergl. Jahrg. VI des Jahrb., S. 214). Der Mangangehalt des Siegener Spiegeleisens beträgt selten mehr als 10 Proc., im Mittel etwa 7 Proc.; der Gehalt an Kohlenstoff ist ziemlich constant ungefähr 5 Procent. Dieser letztere verursacht aber, wenn es sich um Darstellung sehr weicher Eisensorten durch den Bessemerproceß handelt, eine Schwierigkeit, die nur durch große Erfahrung im Converterbetriebe bis zu einem gewissen Punkte überwunden werden kann. Man ist nämlich genöthigt, die Charge dermaßen zu „überblasen", daß dem Metalle eine nicht nur zur Oxydation alles vorhandenen Mangans und Siliciums, sondern auch zur Verbrennung des größten Theiles des mit dem Spiegeleisen zugeführten Kohlenstoffes genügende Menge Sauerstoff zugeführt wird. Man hat daher schon längst das Bedürfniß manganreicher Eisenlegirungen als Zusatz bei der Stahlbereitung anstatt des Spiegeleisens empfunden. Bessemer hat zuerst diesem Bedürfniß durch eine Verbindung von Eisen, Mangan und Silicium abzuhelfen gesucht, die nachher von Prieger in Bonn praktisch hergestellt worden ist und 60 Proc. Mangan enthielt. Gußeisengranalien, Mangansuperoxyd, gepulvertes Flaschenglas und Holzkohlenpulver wurden zu dem Zwecke in einem Graphittiegel einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt. Dieses Verfahren ist indessen seiner Kostspieligkeit wegen wieder verlassen worden.

Eine andere Methode zur Herstellung von Eisenmangan hat William Henderson in Glasgow erfunden. Dieselbe besteht in der Reduction eines Gemenges von kohlensaurem Manganoxydul und Eisenoxyd in Gegenwart von überschüssigem Kohlenstoff mittels einer neutralen oder reducirenden Flamme auf den offenen Herde eines Siemens'schen Ofens. Der Mangangehalt der Legierung beträgt durchschnittlich 20 bis 30 Proc. und es liefert ein Ofen gewöhnlicher Größe, von einem Arbeiter bedient, in 24 Stunden ungefähr 15 Centner. Vorläufig kommt wegen des hohen Preises des kohlensauren Manganoxyduls die Tonne solchen Eisenmangans von 20—25 Proc. Mangangehalt auf 7 Pfd. Sterl. zu stehen, man hofft aber die Erzeugungskosten bei weiterer Ausbildung des Verfahrens zu reduciren.

Noch ein anderes Verfahren hat neuerdings G. Thomson in Glasgow angegeben. Derselbe empfiehlt nämlich, die Manganerze, Manganoxyde oder Mangansalze in einem Flammofen unter Zuschlag von kohlenstoffhaltigen Substanzen unter einer Decke von Kochsalz oder einem anderen flüchtigen Chloride zu reduciren. Zu dem Zwecke soll man auf je 100 Gewichtstheile Manganerz 30 Th. guter Steinkohle mit 30 Th. Kochsalz und 10 Th. Kalk mengen, ziemlich fein pulvern und in einem Flammofen bis etwa zur Weißgluth erhitzen. Sollte das Kochsalz sich zu rasch verflüchtigen, so muß man eine neue Quantität zusetzen, damit dasselbe während des ganzen Reductionsprocesses eine schützende Decke bildet. Den so erhaltenen Manganschwamm setzt man nun zu den in geschmolzenem Zustand befindlichen Eisen oder Stahl oder man kann auch umgekehrt Eisen oder Stahl zu dem geschmolzenen Mangan zusetzen, oder auch Manganschwamm mit Eisenschwamm zusammenschmelzen, auch kann man das Eisen in Form von leicht reducirbarem Glühspan oder Hammerschlag anwenden, wie derselbe bei der Stabeisen- und Stahlfabrikation abfällt. In allen Fällen hat aber das Zusammenschmelzen unter einer Kochsalzdecke zu erfolgen.

Was den oben nur ganz allgemein berührten Einfluß betrifft, den ein Zusatz von reichen Mangan-Eisenlegirungen auf die Eigenschaften des Stahles ausübt, so hat neuerdings Sir William Fairbairn darüber einige Erfahrungen veröffent-

licht. Derselbe hat nämlich 6 verschiedene Stahlsorten, welche in Terre Noire, auf einem der größten Bessemerwerke Frankreichs, mit Benutzung der oben erwähnten Henderson'schen Legirung hergestellt werden, auf ihre Bruchfestigkeit und Elasticität untersucht. Die Legirung enthält 23 bis 25 Proc. Mangan und wird ausschließlich zur weichsten Sorte Bessemerstahl verwendet, die zur Anfertigung von Kesselblech, Panzerplatten für Schiffe, schwerem Geschütz ꝛc. verwendet werden. Der Stahl wird aus Roheisen dargestellt, das man direct aus den Hohöfen in die Converter fließen läßt, welches also nicht umgeschmolzen, sortirt oder mit andern Eisensorten gemengt wird. Nach Fairbairn ist der in Terre Noire erzeugte weiche Stahl hinsichtlich der Geschmeidigkeit und Streckbarkeit allen andern auf dem englischen Markte vorkommenden Stahlsorten überlegen. Rücksichtlich der Geschmeidigkeit verhält er sich zu Barrow's aus Hämatit-Erzen erzeugtem Bessemer-Stahl = 0,219 : 0,0922; es läßt sich daher dieser französische Stahl zu feinstem Drahte ausziehen. Dagegen ist seine Widerstandsfähigkeit gegen Zerreißen etwas geringer als die des Barrowstahles (Verhältniß = 27,1 : 32,2).

Um die Verluste zu vermeiden, welche durch das häufige Warmmachen von Werkzeugen aus Gußstahl und das dabei vielfach stattfindende Verbrennen eintreten, soll man nach den „Prakt. Maschinenconstructeur" das folgende Verfahren zur Wiederherstellung des verbrannten Stahles anwenden. Man schmelze 3 Gewichtstheile reines Colophonium in einem Tiegel und setze nach dem Flüssigwerden unter langsamem Umrühren zwei Gewichtstheile gutes gekochtes Leinöl zu, wobei man aber vorsichtig zu Werke gehen muß, da das Gemisch bei hoher Temperatur leicht in Flammen aufgeht. Man erhält schließlich eine dunkelbraune Masse von Syrupsconsistenz, welche die Eigenschaft besitzt, jedem auch noch so sehr verbrannten Stück Gußstahl, das man rothwarm hineintaucht, seine ursprüngliche Güte wieder zu ertheilen, ja wenn man die Operation mehrmals wiederholt, so soll man eine Qualität Stahl erhalten, welcher ursprünglich in solcher Feinheit gar nicht vorhanden war. Die Härtung geschieht am besten in Regenwasser. Von besonderem Werthe soll das Verfahren für die Fabrikation der Gußstahlpillen zum Schärfen der Champagne-Mühlsteine sein.

Mangan.

Die manganſauren und übermanganſauren Alkalien, welche vor einem Jahrzehnt faſt nur in chemiſchen Laboratorien zu finden waren und die jetzt in ſo ausgedehnter Weiſe fabricirt und zu ſo billigen Preiſen in den Handel gebracht werden, daß ſie zu techniſchen Zwecken verwendet werden können, traten zuerſt auf der Londoner Weltausſtellung 1862 als induſtrielle Erzeugniſſe auf und insbeſondere iſt es das Verdienſt des Londoner Fabrikanten H. B. Condy, dieſelben zuerſt in verſchiedenen Graden der Reinheit in den Handel gebracht zu haben.

Ueber die Darſtellung dieſer Salze im Großen hat E. Desclabiſſac in Aachen in einer in den Verh. des Ver. zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen (Jahrg. 1870) veröffentlichten, preisgekrönten Arbeit folgende Vorſchriften gegeben:

1. 500 Pfd. friſch bereiteter Kalilauge von 45° B. werden mit 105 Pfd. reinen chlorſauren Kalis in einem eiſernen Keſſel ſtark eingedampft, dann werden unter beſtändigem Umrühren 182 Pfd. fein gepulverten Braunſteins zugefügt und das Erhitzen bis zum ruhigen Fließen der Maſſe fortgeſetzt. Nun rührt man bis zum Erkalten. Die pulverige Maſſe wird dann in kleineren eiſernen Keſſeln bis zur Rothgluth erhitzt, bis ſie halbflüſſig geworden iſt, die erkaltete Maſſe zerſchlagen, dann in einem großen Keſſel mit Waſſer erhitzt und eine Stunde lang der Ruhe überlaſſen. Die klare Löſung wird dann zur Kryſtalliſation eingedampft. Aus 180 Pfd. Braunſtein erhält man 98—100 Pfd. übermanganſaures Kali in ſchönen langen Nadeln.

2. Eine Löſung von 12 Th. waſſerfreien Aetznatrons, alſo 36 Th. Aetznatronlauge von 1,337 ſpec. Gew. oder 34 Th. einer ſolchen von 1,365 ſpec. Gew., friſch bereitet oder möglichſt frei von Kohlenſäure, wird in einem eiſernen Keſſel nebſt 10 Theilen chlorſauren Kalis unter Umrühren und allmähligem Zuſatz von 18 Th. guten und fein gepulverten Braunſteins in kleinen Portionen ſo lange eingedampft, bis eine herausgenommene Probe erſtarrt. Bei ſtärkerem Feuer erhitzt man nun weiter, bis die Maſſe völlig ausgetrocknet und

krümlich trocken ist. Diese Masse füllt man in eiserne Grapen und erhitzt sie intensiv bis zum Rothglühen. Nach dem Erkalten wird sie in kleine Stücken zerschlagen und in einem eisernen Kessel mit etwa 200—220 Theilen oder der 15—17 fachen Menge Wasser übergossen, oder umgekehrt in 200 Theile kochendes Wasser eingetragen. Nach genügender Lösung setzt man die Flüssigkeit bei Seite und decantirt sie nach 24 Stunden in Stein- oder Glasflaschen. Der nach dem Auswaschen des Schlammes übrigbleibende Schlamm wird getrocknet, gepulvert und bei einer neuen Darstellung statt des Braunsteins verwendet, und zwar rechnet man 12 Theile = 10 Theilen Braunstein.

3. In einem eisernen Grapen werden 10 Theile Aetznatron mit 1 Theil Kalisalpeter bis zum Schmelzen erhitzt. Wenn die Masse ruhig wie Oel fließt, trägt man nach und nach 6 Th. Braunstein von mindestens 80 Proc. ein, den man zuerst auf einer Platte oder in einem Grapen beträchtlich erhitzt hat, damit beim Eintragen keine Unterbrechung der Schmelzung eintritt. Man rührt gut um — wenn die Masse in Folge ungenügender Erwärmung des Braunsteins erstarrt sein sollte, mit einem glühend gemachten Spatel — dann und wann eine Probe nehmend, die man in Wasser löst. Löst sich der größte Theil mit tief grüner Farbe auf, so zeigt dies das Ende der Operation an. Der Grapen wird dann mit einem glühend gemachten Schöpflöffel geleert und sogleich wieder beschickt. Ein Arbeiter kann 3 solche Grapen in Arbeit haben und leicht an einem Tage 2 Ctr. übermangansaures Natron darstellen. Man nehme nicht zuviel Schmelze auf einmal, da eine größere Menge schwieriger zu schmelzen ist und, wenn die Menge einmal abgekühlt ist, es sehr lange dauert, ehe sie wieder dickflüssig wird. Der im Kessel verbleibende Schlamm wird mit Wasser ausgelaugt, und dieses Wasser zum Auflösen einer neuen Schmelze verwendet, oder man leitet in dasselbe bis auf etwa 15° C. abgekühltes Chlorgas, bis es damit gesättigt ist. Diese Flüssigkeit kann dann als Desinfectionsmittel angewandt werden.

Tessié du Motai und Maréchall benutzen zur Herstellung von mangansaurem Natron die bei der Chlorbereitung aus Salzsäure und Braunstein zurückbleibende Flüssigkeit, aus welcher durch einen Zusatz von Aetzkalk Manganoxydul ausge-

schieden wird. Dasselbe wird zu gleichen Aequivalenten mit Aetznatron gemengt und das Gemenge bei Luftzutritt auf 400° C. erhitzt, wodurch sich mangansaures Natron bildet. Die Umwandlung dieses Salzes in übermangansaures Salz (zur Verwendung in der Bleicherei) wird leicht und mit geringen Kosten durch einen Zusatz von schwefelsaurer Magnesia, Chlormagnesium oder Chlorcalcium zu der Auflösung bewirkt (vgl. Jahrg. IV des Jahrb. S. 295).

Nickel.

Ein Nickelüberzug soll nach der Angabe des Oberingenieurs des kürzlich verunglückten Dampfers „Lodona" (Mallory-Linie zwischen New-York und New-Orleans), L. A. Scofield, einen sehr guten Schutz für Maschinentheile, namentlich für die Schraubenbolzen abgeben, welche den Ventilsitz in der Luftpumpe der Schiffsmaschine befestigen und hier den Einflüssen von Dampf- und Einspritzwasser, sowie auch galvanischen Einwirkungen ausgesetzt sind. Werden diese Bolzen aus Eisen gefertigt, so werden die Köpfe rasch zerfressen, Legirungen eignen sich ihrer geringen Festigkeit wegen nicht.

Jargonium.

Dieses im Jahrg. V. S. 329 dieses Jahrbuchs als von H. C. Sorby neu entdeckt erwähnte Element existirt nicht. Sorby selber hat dies zugegeben und erklärt, daß die von ihm beobachteten und dem angeblichen neuen Elemente zugeschriebenen Absorptionsstreifen von einer Verbindung von Uran und Zirkon herrühren.

Bei dieser Gelegenheit mögen hier schließlich nach Carrington Bolton noch alle diejenigen Elemente aufgezählt werden, deren angebliche Entdeckung sich später nicht bestätigt hat:

Name	Entdecker	Zeit der Entdeckung
Terra nobilis	T. Bergmann	1777
Hydrosiderium	Meyer	1780
Australium	Wedgewood	1790
Agustum	Trommsdorff	1800
Silenium	Proust	1803
Niccolanum	Richter	1805

Name	Entdecker	Zeit der Entdeckung
Andronia	Winterl	1807
Junonium	Thomson	1811
Vestium	v. Vest	1818
Wodanium	Lampadius	1819
Crodonium	Trommsdorff	1820
Pluranium } Palinium }	Osann	1828
Donium	Richardson	1836
Treenium	Boose	1836
Pelopium	H. Rose	1846
Ilmenium	Hermann	1846
Aridium	Ullgren	1850
Donarium	Bergmann	1851
Thalium	Owen	1852
Dianium	v. Kobell	1855
Wasium	Bähr	1862

Nekrolog

für das Jahr 1870.

Ernst Ferdinand August, verdienter Mathematiker und Schulmann, in weiteren Kreisen durch seinen Psychrometer bekannt, starb am 25. März in Berlin. A. wurde 18. Febr. 1795 zu Prenzlau geboren, kam aber im 11. Jahre (1805), namentlich durch Unterstützung des Geheimrath Kenke in das Gymnasium zum Grauen Kloster in Berlin, wo er verweilte, bis 1813 der König Friedrich Wilhelm III. den Aufruf an sein Volk erließ. Da eilte auch A. nach bestandenem Abiturienten-Examen nach Breslau, um ins Lützow'sche Corps einzutreten. Er befand sich unter der ersten Schaar berliner Turner, die sich am 18. Februar im Predigerhause zu St. Petri versammelten, um im Abenddunkel, 13 Mann unter Führung Ernst Thaer's, von Berlin nach Schlesien zu gehen. Mit dem Lützow'schen Corps machte er den ersten Feldzug mit, während des zweiten war er Landwehrlieutenant, wohnte der Schlacht bei Waterloo und dem Einzuge in Paris bei. Dann kehrte er nach Berlin zurück, um Theologie und Philologie zu studiren. 1817 kam er als Probelehrer an das Gymnasium zum Grauen Kloster und bald darauf an das Joachimsthal'sche Gymnasium. Hier wandte er sich, hauptsächlich im Umgange mit seinem frühern Lehrer und nachmaligen Schwiegervater E. G. Fischer dem Studium der Mathematik und Physik zu. Als 1827 das Köllnische Real-Gymnasium neu organisirt wurde, wurde er mit der Leitung desselben betraut, ein Amt, das er bis zu seinem Tode 43 Jahre lang verwaltet hat.

Georg Bill, Professor der Botanik an der Universität und Director des botanischen Gartens in Gratz, starb daselbst 30. August.

Carl Gustav Christoph Bischof, berühmter Geolog und Chemiker, Geh.-Bergrath und Director des chemischen Laboratoriums, sowie des technologischen Cabinets zu Bonn, starb daselbst plötzlich am 30. Nov. früh. B. wurde 18. Jan. 1792 zu Wörd bei Nürnberg geboren, studirte in Erlangen, habilitirte sich dort 1815 für Chemie und Physik, bekam 1819 einen Ruf nach Bonn als außerordentlicher und wurde 1822 daselbst ordentlicher Professor der Chemie und Technologie. Aeltere Schriften sind: die physikalisch-statistische Beschreibung des Fichtelgebirges (mit Goldfuß zusammen 1817), das Lehrbuch der Stöchiometrie (1819), die Entwickelung des Pflanzensystems (1819), sein Lehrbuch der reinen Chemie (1824, unvollendet),

die vulkan. Mineralquellen Deutschlands und Frankreichs (1826); Aufsehen erregte seine Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers (1837), sein Hauptwerk aber ist das Lehrbuch der physikal. und chem. Geologie (1848—55). Noch 1867 veröffentlichte er: die Gestalt der Erde und der Meeresoberfläche und die Erosion des Meeresbodens.

Johann Heinrich Blasius, geb. 7. October 1809 zu Nymbrecht (Reg.-Bez. Köln), seit 1831 Lehrer der Naturkunde und Mathematik an der Realschule in Crefeld, seit 1836 Professor der Naturgeschichte am Carolinum in Braunschweig, Vorsteher der naturhistorischen Sammlungen, sowie des botanischen Gartens, starb 26. Mai. In den Jahren 1840 und 1841 unternahm er mit Meyendorff, Keyserling, Murchison und Verneuil eine wissenschaftliche Reise in das europäische Rußland.

Eduard Bobrick, früher Director der Handelsakademie in Danzig, bekannt durch sein „Handbuch der praktischen Seefahrtskunde" (3 Bde.), starb 13. Mai in der Heilanstalt Schwetz.

Pompejus Bolley, verdienstvoller Chemiker, starb 3. Aug. in Zürich. B. wurde 7. Mai 1812 zu Zindelberg geboren und wirkte nach vollendeten Studien erst an der Cantonschule zu Aarau und später am Züricher Polytechnicum als Professor der Chemie. Seine chemischen Arbeiten haben besonders die technische Seite derselben zum Gegenstande, insbesondere hat er sich namentlich in früheren Jahren vielfach mit den Farbstoffen beschäftigt. Von größeren Werken sind zu nennen sein „Handbuch der chemisch-technischen Untersuchungen" und das seit Anfang der sechsziger Jahre von ihm in Verbindung mit andern Gelehrten bei Vieweg und Sohn in Braunschweig veröffentlichte „Handbuch der chemischen Technologie."

Thomas Brassey, einer der größten englischen Eisenbahnunternehmer, der nicht blos in Europa, sondern auch in Asien und Amerika lange Bahnstrecken ausführen ließ, starb in London 8. Dec.

Carl Breymann, um Anwendung der Mathematik auf das Forstwesen verdient, geb. 1807 in Salzburg, seit 1852 Professor der Geodäsie an der k. k. Forsthochschule Mariabrunn, starb daselbst 12. Februar.

Zerah Colburn, bekannter Ingenieur, Redacteur der Journale „The Engineer" und „Engineering", erschoß sich 26. April.

Capitän Cowper Coles kam auf dem von ihm erbauten Thurmschiffe „Captain" um, das in der Nacht vom 6. zum 7. Sept. bei mäßigem Winde, im Angesicht eines Uebungsgeschwaders, in der Nähe von Cap Finisterre umschlug, wobei nur einige gerade auf Deck befindliche Matrosen sich retten konnten. Capitän Coles war gleich nach dem Orientkriege mit dem Plane eines Kuppelschiffes aufgetreten, aber erst nachdem der Ericson'sche „Monitor" in der Chesapeakbai den 5stündigen Kampf mit der südstaatlichen Panzerfregatte „Merimac" bestanden hatte, ging man in England auf Coles' Ideen ein und wandelte zunächst das Linienschiff „Royal Sovereign" in ein Thurmschiff um. Gegen die Construction des „Captain" waren zwar manche Bedenken erhoben worden, doch hatte man nicht entfernt an eine Katastrophe gedacht, wie sie wirklich eintrat.

Friedrich Dellmann, um die Kenntniß der atmosphärischen Elektricität verdienter Gelehrter, starb 14. Juli in Kreuznach. Geboren 1805 zu Kettwig a. d. Ruhr, war D. anfangs am Progymnasium zu Mörs und dann eine lange Reihe von Jahren als Professor der Mathematik am Kreuznacher Gymnasium thätig, bis ihn kurz vor seinem Tode Krankheitserscheinungen der Respirationsorgane veranlaßten, in den Ruhestand zu treten. Seine Arbeiten sind meist in Poggend. Ann., Schlömilch's Zeitschr. f. Math. und Physik und der Zeitschr. der österr. Ges. f. Meteorologie enthalten.

Rudolph Dietz, der Schöpfer der Carlsruher Gewerbehalle, ein durch tüchtige juristische und technische Kenntnisse ausgezeichneter Mann, dessen Name in der Geschichte der gewerblichen Entwickelung Deutschlands im 19. Jahrhunderte immer mit Ehren genannt werden wird, starb 3. October in Mundingen. Er veröffentlichte 1863 „die Gewerbe im Großherzogthum Baden, ihre Statistik, ihre Pflege, ihre Erzeugnisse."

Nils Ericson, schwedischer Oberst, als Schöpfer des schwedischen Eisenbahnsystems, und durch seine Schleusen- und Canalbauten berühmt, starb in der Nacht vom 7. zum 8. Sept. in Stockholm. E. wurde am 31. Jan. 1802 in der Langbanshütte im Kirchspiel Gasborn in Wermland geboren. Später wurde der Vater am Göthacanal angestellt und auch seine beiden Söhne, Nils und der um ein Jahr jüngere John, der Erfinder der calorischen Maschine, der Monitors ꝛc., wurden 1816 als Zöglinge bei den Canalbauten angenommen. 1823 trat Nils in das Ingenieurcorps, 1830 kam er als Capitän in das mechanische Corps der Flotte, 1832 wurde er Major, 1842 Oberstlieutenant, 1850 Oberst, später erhielt er auch den Adel, 1860 wurde er in den Freiherrstand erhoben. 1831—39 vollendete er die Canäle bei Ström und Stollbacka an der Göthaelf, bei Seffle an der Byelf, bei Carlstad und im Albrektssund; 1838—44 baute er die neuen Schleusen an der Seite der 112 Fuß hohen Trollhättafälle in der Göthaelf, dann die neue Schleuse in Stockholm, welche 1850 vollendet wurde; 1849—55 legte er den Saimacanal in Finland an, der den 180 Fuß hohen Saimen-See mit dem Finnischen Meerbusen verbindet; endlich verband er noch 1864—67 in Dalsland eine Reihe terrassenförmig über einander liegender Landseen unter sich und mit dem Wenersee durch einen Canal, an welchem besonders der Aquäduct bei Hafverud, welcher über einem brausenden Wasserfalle frei in der Luft schwebt, ein Meisterwerk ist. Von 1855 bis Ende 1869 stand er als Chef an der Spitze der Eisenbahnbauten.

Karl Exter, Generaldirectionsrath bei der Betriebsabtheilung der bayerischen Verkehrsanstalten, als tüchtiger Fachmann in der Eisenbahntechnik bekannt, starb 29. October in München.

Emerich Frivaldszky von Frivald, ungarischer Naturforscher und Akademiker, starb 19. October in Jobbagyi im 72. Jahre.

T. Graves, durch mathematische Arbeiten bekannt, ehedem Professor der Rechte am University College in London, starb Anf. April.

Alexander Györy, Ingenieur und Mitglied der ungarischen Akademie der Wissenschaften, bekannt durch seine Bearbeitung der

mathematischen Terminologie in ungarischer Sprache, starb 9. März in Pest in seinem 76. Lebensjahre.

J. Heidenschreider, praktischer Arzt und Gutsbesitzer in Herrieden in Bayern, bekannt durch verschiedene meteorologische Publicationen, namentlich durch seine Witterungsberichte, starb 6. Januar in Ansbach, erst 44 Jahre alt.

Franz Heinen, Director der Realschule in Düsseldorf, ein um die Hebung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts verdienter Schulmann, geb. 4. Juni 1807 in Düsseldorf, später Schüler Plückers, seit 1833 mit der Leitung der Realschule in seiner Vaterstadt betraut, starb daselbst 6. October.

Wilhelm Moritz Keferstein, Prof. der Zoologie in Göttingen und Mitglied der dortigen Gesellschaft der Wissenschaften, geb. 7. Januar 1833 zu Winsen a. d. Luhe, starb 25. Januar.

Kühn, Geh. Bergrath, 40 Jahre lang Leiter der Meißener Porzellanfabrik, starb 10. Januar. Geboren 28. Juni 1788 in Dresden, bezog K. im Alter von 16 Jahren die Bergakademie Freiberg, wo damals Werner lehrte. Nach 5jährigem Aufenthalte daselbst ging er 1809 nach Wittenberg wo er Naturwissenschaften studirte und 1812 widmete er sich noch ½ Jahr in Berlin dem Studium der Chemie. Im nächsten Jahre trat er nach der Leipziger Völkerschlacht als Lieutenant in das erste Erzgebirgische Landwehrbataillon und machte 1814 den Feldzug nach Frankreich mit. Doch als er bei Courtray verwundet worden, erhielt er als Oberlieutenant seinen Abschied und wurde vom russischen Generalgouverneur Sachsens, Fürst Repnin, mit der provisorischen Leitung der Meißener Porzellanfabrik betraut, welches Amt ihm dann 1817 nach der Rückkehr König Friedrich August's in sein Land definitiv übertragen wurde. In diesem Amte, dem er bis zu seiner Pensionirung vorgestanden, hat er vielseitig zur Hebung der Porzellanfabrikation beigetragen, so u. a. durch die Erfindung der Glanzvergoldung und der Schillerfarben (1852); eine andere Erfindung von ihm sind die Löschdosen, die als „Bucher'sche" allgemein bekannt sind. Unter Kühn's Leitung wurde auch die neue Porzellanfabrik im Triebischthale angelegt.

Johann Gottlob von Kurr, Professor der Mineralogie und Geognosie am Polytechnicum in Stuttgart, geb. 15. Januar 1798 zu Sulzbach a. d. Murr, starb 9. Mai.

M. J. S. Lacordaire, Professor der vergleichenden Anatomie in Lüttich, ein tüchtiger Entomolog, wie seine „Geschichte der Insekten" beweist, Bruder des als Kanzelredner bekannten Pater Lacordaire, starb Ende August.

Gabriel Lamé, berühmter französischer Mathematiker, Mitglied der Akademie (seit 1843), starb 1. Mai. L. wurde den 22. Juli 1793 in Tours geboren, wurde 1822 Berg-Ingenieur, dann einige Jahre Oberst im russischen Wegebaumeister-Corps, hierauf (1832—44) Professor der Physik an der Polytechnischen Schule zu Paris, seit 1836 auch Ingenieur en chef des Mines und seit 1848 Professor der Wahrscheinlichkeitsrechnung an der Pariser Facultät der Wissenschaften.

Harald Lenz, ein Enkel Salzmann's, verdienter Zoolog, starb 13. Januar in Schnepfenthal, wo er als Lehrer wirkte.

Joseph Anton Ritter von Maffei, großer Maschinenfabrikant, starb 1. September im Alter von 79 Jahren in München. Im Jahre 1790 als Sohn eines Handelsmannes (Peter M.) geboren, hatte es M. 1816 bis zum Bürger und Tabakfabrikanten in München gebracht und wurde als solcher bald in die städtischen Corporationen gewählt, in denen er bis zum Jahre 1869 thätig war. M. ist der Gründer des Eisenwerkes Hirschau, das im J. 1841 seine erste, 1852 die 100ste, 1861 die 400ste, 1865 die 500ste und 1869 die 700ste Locomotive baute. Seit 1863 war er lebenslängliches Mitglied des Reichsrathes, früher bereits Mitglied der Ständeversammlung und des Landrathes.

Heinrich Gustav Magnus, geb. Berlin 2. Mai 1802 als Sohn eines dortigen großen Handelsherrn, studirte 1821—26 in Berlin Physik und Chemie, veröffentlichte 1825 seine erste, unter Mitscherlich's Leitung ausgeführte Untersuchung über Pyrophore, promovirte 14. Sept. 1827 mit einer Arbeit über das Tellur, wurde dann mit Chr. Gmelin, Mitscherlich, G. und H. Rose und Wöhler Schüler von Berzelius, unter dessen Leitung er seine Arbeit über das Verhalten des Ammoniaks zum Platinchlorür ausführte, und besuchte dann 1829 in Paris die Vorlesungen von Dulong, Thénard und Gay-Lussac u. A. Nach Berlin zurückgekehrt, beschäftigte er sich anfangs besonders mit Arbeiten auf dem Gebiete der mineralogischen Chemie und habilitirte sich 1831 an der Berliner Universität, zunächst für das Fach der Technologie, dann auch für Physik; damit begann er seine fast vierzigjährige Lehrthätigkeit an dieser Hochschule. 1834 wurde er außerordentlicher, 1845 ordentlicher Professor, 27. Jan. 1840 ordentl. Mitglied der Akademie; außerdem lehrte er noch eine Zeit an des abwesenden Wöhler Stelle Chemie an dem Berliner Gewerbe-Institut, 1832—40 Physik an der vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule und 1850—56 chemische Technologie an dem Gewerbe-Institute. Ferner war er ein thätiges Mitglied des Vereins f. d. Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen, wohnte seit Ende der 40er Jahre den chemischen Berathungen des Landes-Oekonomie-Collegiums bei, war bei den 4 Weltausstellungen 1851, 1855, 1862 und 1867 als Mitglied der Beurtheilungscommissionen thätig, seit 1863 Mitglied des Curatoriums der Berliner Bergakademie, 1865 Vertreter Preußens bei der in Frankfurt a. M. tagenden deutschen Maaß- und Gewichts-Conferenz, seit 1869 Mitglied des Studienrathes des reorganisirten Gewerbeinstitutes. Eine seiner letzten Leistungen war die Gründung der deutschen chemischen Gesellschaft. Aus der ersten Zeit seiner akademischen Thätigkeit datiren verschiedene, z. Th. mit C. F. Auenmüller ausgeführte chemische Arbeiten, ferner die Temperaturbestimmungen im Bohrloche zu Pitzpuhl, die in mehrfacher Beziehung bahnbrechende Arbeit über die Blutgase (1837); unter den größern Arbeiten der 40er Jahre sind besonders die Versuche über die Ausdehnung der Gase zu nennen, in den Anfang der 50er Jahre fallen seine Arbeiten über die Abweichung der Geschosse, während der letzten zehn Jahre bewegten sich seine

Forschungen hauptsächlich auf dem Gebiete der Wärmelehre. Er starb 4. April, nachdem er 25. Febr. die letzte Vorlesung gehalten. (Aug. Wilhelm Hofmann, Zur Erinnerung an Magnus. Berlin, 1871. Dümmler).

Nazzareno Mancini, Meteorolog am Collegio Romano, starb 14. Nov. in Rom im Alter von 48 Jahren.

Augustus Matthießen, Professor der Chemie am St. Bartholomäus-Hospital in London, starb 6. October an Selbstvergiftung, um sich, wie er selbst in einem hinterlassen Briefe sagte, einer ihm drohenden, ungerechten schimpflichen Anklage zu entziehen. M. wurde 2. Januar 1831 in London geboren, studirte in Heidelberg bei Bunsen und machte sich zuerst durch verschiedene Arbeiten über das Verhalten der Metalle gegen Elektricität bekannt.

William Allen Miller, geb. 17. Dec. 1817 zu Ipswich, seit 1841 Demonstrator und seit 1845 nach Daniell's Tode Professor der Chemie am Kings College in London, seit derselben Zeit auch Mitglied der Royal Academy, 1851 kgl. Münzwardein, starb 30. Sept. zu Liverpool, wohin er sich begeben, um der Versammlung der Britischen Gesellschaft zur Beförderung der Wissenschaften beizuwohnen.

Auguste Morren, verdienter Physiker, Doyen der Facultät der Wissenschaften zu Marseille, starb anfang November.

David Napier, englischer Schiffsbauer, „der Vater der englischen Dampfschifffahrt", starb im Januar. N. wurde 1790 in Dunbarton geboren, erbaute 1812 mit seinem Vater den Dampfkessel des „Comet", des ersten Passagierdampfers in Europa, später richtete er Dampferverbindungen zwischen Glasgow und Lochyne, sowie zwischen Glasgow und Campelton ein und 1816 erbaute er den „Rob Roy", den ersten Dampfer, der mit Erfolg die See befuhr. In späterer Zeit gingen aus seinem Etablissements die Dampfer „United Kingdom", „Great Britain" und „Great Eastern" hervor.

Niépce de St. Victor, ein Veteran der Photographie, Neffe von Nicophore Niépce, Erfinder des Albuminprocesses, des Uranverfahrens, bekannt durch die Herstellung farbiger Photographien 2c., starb 7. April in Paris (geb. 26. Juli 1805 zu St. Cyr bei Chalons s. Saône).

Friedrich Julius Otto, bekannter Chemiker, Professor der technischen Chemie und Pharmacie am Carolinum in Braunschweig, starb daselbst 13. Januar. Geb. 8. Januar 1809 in Großenhain, widmete sich O. anfangs der Pharmacie, später der Medicin, functionirte eine Zeit lang als Lehrer und Chemiker an der Nathusius'schen Gewerbe-Anstalt in Althaldensleben, wurde 1833 Medicinal-Assessor (später Medicinalrath) im herzogl. Ober-Sanitäts-Collegium in Braunschweig und trat 1835 sein Lehramt am Carolinum an. Unter seinen schriftstellerischen Leistungen ist die deutsche Bearbeitung von Graham's Lehrbuch der Chemie am bekanntesten (erste Aufl. 1840—43); außerdem sind zu nennen: „Anleitung zur Ausmittelung der Gifte" und „Lehrb. der Essigfabrikation," sowie zahlreiche Abhandlungen in Schweigger's und Erdmann's Journal, Poggendorff's Annalen 2c.

Joseph Redtenbacher, Chemiker und Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Wien, starb daselbst 5. März. Er war geb. 12. März 1810 in Kirchdorf, Oesterreich ob der Enns, anfangs in Prag, seit 1849 aber an der Wiener Universität Professor der Chemie.

Franz J. Ruprecht, russischer Akademiker, bekannt durch seine botanischen Forschungen vorzugsweise im Gebiete des russischen Reiches, geb. 1814 in Freiburg (Baden), starb in St. Petersburg 4. August.

Urban Schlönbach, früher Sectionsgeolog der k. k. geologischen Reichsanstalt, dann Professor der Geologie am Prager Polytechnicum, starb 13. Aug. zu Bersaska im Banat.

Johann Andreas Schubert, langjähriger Professor des Ingenieurwesens am Dresdner Polytechnicum, starb 6. October. Als Kind einer zahlreichen, armen Famile am 19. März 1808 in Wernesgrün bei Auerbach im sächs. Voigtlande geboren, erhielt S. durch Vermittlung des Leipziger Polizeidirectors Rackel seine Schulbildung in Leipzig und Dresden und besuchte dann an letzterem Orte 4 Jahre lang die Bauakademie, worauf er 1828 als Lehrer an die damals neu gegründete Technische Bildungsanstalt, spätere Polytechnische Schule in Dresden kam, der er bis zu seiner Pensionirung angehörte. In dieser Stellung hat sich S. um Hebung des höheren technischen Unterrichts große Verdienste erworben. Von seiner praktischen Thätigkeit ist die Einführung der Dampfschifffahrt auf der Oberelbe zu nennen.

Nils Haquin Selander, Director der Sternwarte in Stockholm, Mitglied der schwedischen Akademie, starb 18. Juni in Stockholm. S. wurde den 20. März 1804 in Angermannland geboren und war, bevor er 1858 die Direction der Sternwarte in Stockholm übernahm, Privatdocent und dann Professor der Astronomie an der Universität zu Upsala. In den Jahren 1846 bis 1851 führte er die Gradmessung zwischen Tornea und den nördlichen Grenzen Schwedens als Theil der großen russisch-skandinavischen Gradmessung aus; außerdem leitete er auch die geodätische Aufnahme Schwedens.

Karl August von Steinheil, durch vielseitige Thätigkeit und zahlreiche Erfindungen auf den Gebieten der Physik und Astronomie berühmt, starb 14. September morgens in München. Er wurde 12. October 1801 in Rappoltsweiler im Elsaß geboren, wo sein Vater als pfalzzweibrückischer Hofrath im Dienste des nachmaligen Königs Maximilian I. von Bayern lebte; doch zog die Familie schon 1807 nach München, wo der Vater als General-Zoll- und Mauth-Director in königlich bayersche Dienste trat. Der junge St. wie auch sein Zwillingsbruder kränkelten viel, letzterer starb in früher Jugend und auch der erstere lag einmal schon zur Beerdigung geschmückt im Sarge, bei welcher Gelegenheit der Hausarzt die bekümmerte Mutter mit den Worten zu trösten suchte: „Seien Sie froh, daß der Kleine todt ist; bei seinem schwachen Körperbau wäre doch nie etwas Rechtes aus ihm geworden.“ Doch durch den Aufenthalt auf dem Gute Perlachseck wurde die schwache Gesundheit gekräftigt und nach einem mehrjährigen Aufenthalte bei einem Schwager in Frankreich und

zweijährigem Besuche des Lyceums in München bezog er 1821 die Universität Erlangen, um Jura zu studiren; allein zur Astronomie hingezogen, ging er 1822 nach Göttingen und, da Gauß nicht las, noch in demselben Jahre nach Königsberg, wo er Bessels Vorlesungen hörte und sich enger an diesen anschloß. Nachdem er 12. October 1825 promovirt hatte, kehrte er nach Perlachseck zurück, wo er eine Privatsternwarte errichtete und die Rechnungen von Bessels Tabulae Regiomontanae, sowie die akademische Sternkarte Hora XII—XIII. vollendete. Nach Erfindung seines Prismenkreises siedelte er (1830) nach München über, schrieb hier die von der Göttinger Ges. der Wissenschaft gekrönten „Elemente der Helligkeitsmessungen" und beschäftigte sich u. a. auch mit der Construction einer „Fugalmaschine." Nachdem ihn die Münchener Akademie schon 1827 zu ihrem außerordentlichen Mitgliede ernannt hatte, wurde ihm 1835 die ordentliche Professur der Mathematik und Physik an der Münchener Universität ertheilt; doch hat er nur selten Vorlesungen gehalten. In demselben Jahre noch machte er eine wissenschaftliche Reise nach Wien, Berlin und Göttingen. An letzterem Orte war es auch, wo ihn damals Gauß aufforderte, dem elektrischen Telegraphen, welcher in Göttingen zu wissenschaftlichen Zwecken zwischen der Sternwarte und dem physikalischen Cabinet angelegt worden war, eine praktischere Form zu geben. Dies ist St. auch gelungen, und die in der „Allg. Zeitung" veröffentlichte Beschreibung des von ihm im Sommer 1837 zwischen dem Gebäude der Münchener Akademie und der Sternwarte Bogenhausen eingerichteten Telegraphen hat dem Amerikaner Morse, nach dessen eigenem Geständnisse, die erste Idee zu seinem bekannten telegraphischen Schreibapparate gegeben. Von St. rührt auch der glückliche Gedanke her, die Erde zur Rückleitung des elektrischen Stromes zu benutzen. Indessen sollten die elektrischen Telegraphen erst 11 Jahre später, im Jahre 1849, nachdem sie inzwischen in England und Amerika Eingang gefunden hatten, auch in Deutschland zur Ausführung kommen. Inzwischen hielt sich St. im Winter 1836 in Altona und Paris auf, um Bessels Toise und das Normalmeter der französischen Archive zu copiren; 1838 construirte er die ersten galvanischen Uhren, später ein Pyroskop, einen galvanischen Controletelegraphen zur Angabe der Geschwindigkeit der Eisenbahnzüge, der Dauer des Aufenthaltes an den Stationen u. a., auch eine optisch-aräometrische Bierprobe, die indessen den bayerischen Brauern nicht gefiel. Im J. 1846 ging er nach Neapel zur Regulirung der Maße und Gewichte. Im J. 1849 folgte er einem Rufe nach Wien als Sectionsrath und Vorstand der telegraphischen Abtheilung des Handelsministeriums. Der Minister von Bruck wollte das früher durch Baumgartner in Oesterreich eingeführte Bain'sche Telegraphensystem durch ein allgemeiner angenommenes ersetzen und alle Kronländer mit einem Telegraphennetz überziehen, eine Aufgabe, die St. innerhalb zweier Jahre gelöst hat; unter seiner thätigen Mitwirkung wurde auch damals (1851) der deutsch-österreich. Telegraphenverein ins Leben gerufen. Als Bruck vom Ministerium zurück und Baumgartner an seine Stelle trat, verließ St. Wien wieder und ging (Ende 1851)

nach Bern, um das dortige Telegraphensystem einzurichten. Im nächsten Jahre ließ er sich, mit dem Titel eines Ministerialrathes geehrt, wieder in München nieder und errichtete hier 1854 eine astronomische Werkstätte, die bald europäischen Ruf erlangte, deren Leitung er 1862 seinem Sohne Eduard überließ. Im J. 1866 trat St. auch noch in die europäische Gradmessungs-Commission ein und in dieser Stellung vollendete er noch im Verein mit General von Baeyer und Prof. Voit in München seine letzte Arbeit, die Feststellung der Längenmaaß-Einheit und eine genaue Basismessung auf Eisenbahnen mittels eines Meßrades betreffend. Ende Aug. 1870 erblindete er; vom 2. Sept. an war er ans Krankenlager gefesselt, von dem er nicht wieder aufstehen sollte.

Friedrich Tischler, geb. 13. Dec. 1844 in Breslau, seit Michaelis 1868 Observator an der Sternwarte in Königsberg, starb 30. Sept. in Wallerfangen an den Wunden, die er am 14. August als Lieutenant im 6. Ostpreuß. Infanterie-Reg. vor Metz empfangen hatte.

Ephraim Salomon Unger, mathematischer Schriftsteller und Schulmann, geb. im März 1788 (oder im April 1789) zu Coswig in Anhalt, von 1810 bis 1816 Docent an der im letzteren Jahre aufgehobenen Universität Erfurt, 1820 Director einer von ihm begründeten, 1834 zu einer Realschule erweiterten Anstalt, an welcher er, nachdem sie 1844 städtisch geworden den mathematischen Unterricht übernahm, starb 1. November.

Franz Unger, berühmter Botaniker und Paläontolog, Mitglied der Wiener Akademie, starb 13. Februar in Gratz. Er wurde 31. Nov. 1800 auf dem Amtshofe bei Leitschach im südlichen Steiermark geboren, studirte Medicin und prakticirte in Wien und Tyrol, bis er 1836 als Professor der Botanik am Polytechnicum (Johanneum) und Director des botanischen Gartens nach Gratz kam. Hier schrieb er mit Endlicher die „Grundzüge der Botanik" (1843) und die „Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Pflanzen" (1846). Von 1850—1866 lehrte er an der Wiener Universität. Hier veröffentlichte er seine allbekannten Vegetationsbilder der verschiedenen geologischen Perioden („Die Urwelt in ihren verschiedenen Bildungsperioden." 1851), ferner seinen „Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt" (1852), „Botanische Streifzüge auf dem Gebiete der Culturgeschichte (1857 ff.), die „Botanischen Briefe" (1852), die „Wissenschaftl. Ergebnisse einer Reise nach Griechenland und den Jonischen Inseln" (1862) und „die Insel Cypern" (1865). Die beiden letzteren Schriften sind die Resultate zweier im Jahre 1860 und 1862 mit Kotschy unternommenen Reisen; über seine Reisen nach Skandinavien (1852), Egypten und Syrien hat er Nichts veröffentlicht. Seit 1866 in den Ruhestand versetzt, zog er sich nach Gratz zurück.

Rudolf Ritter von Vivenot, Prof. der Klimatologie an der Wiener Universität, starb plötzlich 7. April Nachmittags, als er von dem ihm befreundeten Reisenden G. Neumayer Abschied genommen, noch nicht 36 Jahre alt. Verschiedene meteorologische Arbeiten enthält die Zeitschr. der österr. Gesellsch. für Meteorologie, deren stiftendes Mitglied er war.

August von Voit, Oberbaurath und Ehrenmitglied der kgl. Akademie der Künste in München, starb daselbst 12. Decbr. V. wurde im J. 1801 in Wassertrübingen als Sohn des Baumeisters Joseph Michael V. (1771—1846) geboren, studirte auf der Münchener Akademie unter Gärtner, dessen Vorliebe für Rundbogenstil er theilte, bereiste dann Italien und Frankreich und baute nach seiner Rückkehr verschiedene Kirchen, Synagogen und Rathhäuser im römisch-byzantinischen Stil in der Pfalz. 1841 wurde er Professor in München; er restaurirte das Hambacher Schloß, erbaute 1846 die neue Pinakothek, 1854 den Ausstellungspalast, mit Denzinger zusammen restaurirte er die Regensburger Domthürme.

Hermann Volckmann, ein geborner Ostpreuße, früher als Assistent an der Sternwarte zu Santjago de Chile, dann bei der Chilenischen Landesvermessung angestellt, starb 5. Aug. in Santjago de Chile.

Karl Weltzien, geb. 1813 in Petersburg, Professor der Chemie am Polytechnicum in Carlsruhe, starb daselbst 14. November.

Karl Wiesenfeld, Professor in Prag, als tüchtiger Fachmann im Land-, Wasser- und Straßenbau, sowie auch als archäologischer und kunsthistorischer Schriftsteller bekannt, starb in Prag 7. November im Alter von 68 Jahren.

Philipp Wirtgen, verdienter Botaniker, starb 7. Sept. in Coblenz. Geb. 4. Dec. 1806 in Neuwied und auf dem dortigen Seminar gebildet, wurde W. 1825 zu Winningen, 1831 an der Elementarschule und 1835 an der höhern Stadtschule in Coblenz als Lehrer angestellt, in welcher letzteren Stellung er bis an sein Lebensende blieb. Für die Erkenntniß der Rheinischen Flora und allseitige Erforschung der Eifel hat er außerordentlich viel gethan. Mit Nees von Esenbeck gründete er 1834 den botanischen Verein am Mittel- und Niederrhein, den nachmaligen Naturhistorischen Verein der Preuß. Rheinlande und Westfalens, sowie 1852 den Naturhistorischen Verein in Coblenz und das dortige Naturaliencabinet.

Ferdinand Ludwig Baron von Wrangell, russischer Admiral, starb 6. Juni zu Dorpat. Geboren 29. Dec. 1796 zu Pskow, im Seecadettencorps in Petersburg erzogen, begleitete er 1817—19 die Golownin'sche Expedition auf der „Kamtschatka" nach Russisch-Amerika und um die Erde, und machte dann 1820—24 seine berühmte Reise nach der Nordküste von Sibirien, die er von der Kolyma-Mündung bis Cap Jakan aufnahm. Seine „physikalischen Beobachtungen" während dieser Reise gab G. F. Parrot 1827 in Berlin heraus und Engelhard besorgte 1839 eine deutsche Ausgabe des Reisejournales. 1825—27 machte W. mit der „Krotky" eine Reise um die Erde, war 1829—34 Gouverneur von Russisch-Amerika, reiste von Sitka über Panama und die Vereinigten Staaten nach Petersburg und war dann noch bis 1849 im Staatsdienst thätig. Im genannten Jahre übernahm er das Directorium der Russisch-amerikanischen Handelscompagnie.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

Datum der Entleihung bitte hier einstempeln!