

Jahrbuch
der
Erfindungen.

Herausgegeben von

H. Gretschel und G. Bornemann.

Zweiundzwanzigster Jahrgang.



Mit 35 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Leipzig
Verlag von Quandt & Händel.

1886.

25222

1882



Jahrbuch

der

Erfindungen

und

Fortschritte auf den Gebieten

der

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

Herausgegeben von

Dr. H. Gretschel,

und

Dr. G. Bornemann,

Bergrath und Professor an der Berg-
akademie in Freiberg.

Lehrer der Chemie an den techn. Staats-
lehranstalten in Chemnitz.

Zweiundzwanzigster Jahrgang.



Mit 35 Holzschnitten im Text.

Leipzig

Verlag von Quandt & Händel.

1886.

*2881

Inhaltsübersicht.

Astronomie.

	Seite
Die Sonne	3
Elektrische Fernwirkung der Sonne 3. — Die Corona der Sonne 13. — Protuberanzen 15. — Sonnenflecken 16.	
Planeten und Monde	20
Der Erdmond: Temperatur der Mondoberfläche 20; Oberflächengebilde auf dem Monde 24. — Mars: Rotationsdauer 26. — Planetoiden: Neu entdeckte β . 29. — Jupiter: Der rothe Fleck 31; Vierter Jupitersmond 32. — Saturnsmonde: Umlaufzeiten 33. — Monde des Uranus 33; Masse des U. 34. — Mond des Neptun: Bahn des N.=M. 34; Masse des N. 35.	
Kometen	35
Komet I, 35. — Komet II, 36. — Komet III, 36. — Komet IV, 37. — Komet V, 37. — Komet 1886 I, 38. — Komet 1886 II, 38. — Komet 1881 VIII, 38. — Verzeichniß berechneter Kometenbahnen 39.	
Sternschnuppen und Feuerkugeln	39
Die Sternschnuppen des Biela'schen Kometen, 39.	
Fixsterne	74
Der neue Stern im Andromeda=Nebel 74. — Der neue Stern im Orion 83. — Die Vertheilung der Sterne auf der nördlichen Halbkugel 85. — Doppelsterne 88. — Spectroskopische Durchmusterung des nördlichen gestirnten Himmels 89. — Astro=Photographie 94.	
Die schwimmende Drehkuppel der Sternwarte Nizza	103

Physik und Meteorologie.

Statik und Dynamik fester Körper	106
Schwankungen der Dichte in Messing, Zink, Kupfer, Eisen 106. — Aenderungen der Dichte des Eisens beim Glühen und Ablöschen 109. — Mittlere Dichte eines Körpers, der alle bekannten Elemente in festem Zustande enthält 111. — Dehnungs=	

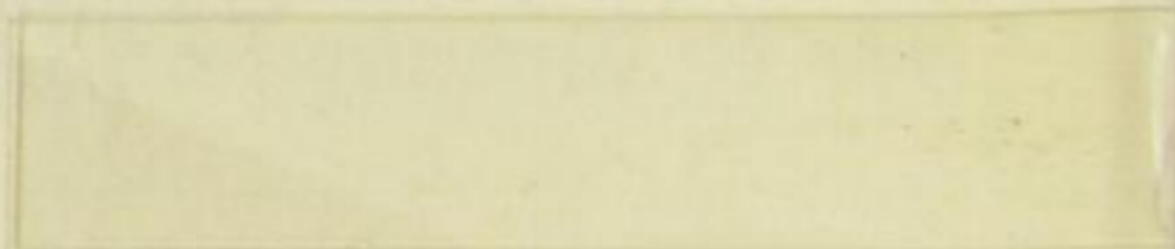
	Seite
zwang von Medien, die aus einzelnen starren, sich gegenseitig berührenden Theilchen bestehen 111.	
Statik und Dynamik tropfbarflüssiger und gasförmiger Körper	115
de Heen's Theorie der Flüssigkeiten 115. — Lösungen fester Körper 118. — Mischung von Flüssigkeiten 119. — Diffusion von Flüssigkeiten 120. — Die Wasserhaut auf Glas 123. — Ueber Nebelbildung 128. — Diffusion gasförmiger Körper 133.	
Akustik	134
Internationale Stimmtton-Conferenz 134. — Geräusche 136. — Vocale 139. — Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Explosionen 146.	
Optik	151
Ermittelung der Tiefe, bis zu welcher Licht in das Wasser eindringt 151. — Japanische magische Spiegel 152. — Aenderung der Lichtbrechung in festen Körpern mit der Temperatur 155. — Neue Darstellung des Sonnenspectrums 157. — Antheil der Bestandtheile der Atmosphäre an der Erzeugung der tellurischen Linien 158. — Wellenlängen der verschiedenen Wasserstofflinien 160. — Phosphorescirendes Licht eines exotischen Leuchtkäfers 161. — Anomale Dispersion 161. — Photographie 168. — Doppelbrechung des Lichtes in Metallschichten 171.	
Wärmelehre	173
Wärmeleitungsvermögen tropfbarer Flüssigkeiten 173.	
Elektricität und Magnetismus	179
Theorie der Elektricität 179. — Theorie des Magnetismus 185. — Wirkung elektromagnetischer Kräfte auf das Licht 191. — Magnetisches Verhalten des Quarzes 200. — Telegraphische Verbindung zwischen einem fahrenden Eisenbahnzuge und den Stationen 204. — Beförderung von Lasten auf große Entfernung durch Elektricität (Telpherage) 209.	
Meteorologie	212
Erhaltung der Kraft im Luftmeer der Erde 213. — Beobachtungen über die Bewegung der Luft und die Höhe der Wolken 224. — Theorie des Gewitters und der Gewitter-Elektricität 227. — Vermehrung der Blitzgefahr 240.	

Chemie und chemische Technologie.

Gustav Martin Wunder	246
Biographische Notizen 246. Wissenschaftliche Arbeiten Wunders	248
Die Elemente und einige Verbindungen derselben	250
Das Wasser und seine Reinigung: Arten des Wassers 250. — Hygienische Beurtheilung von Trink- und Nutzwasser 251. — Wasserleitung 256. — Kesselstein und Speisewasser 258. — Mechanische Reinigung des Wassers 261. — Durch Absitzen 261. — Durch Filtriren 262. — Chemische Reini-	

	Seite
gung des Wassers 269. — Durch Sauerstoff 269. — Durch Kalk 271. — Durch Magnesia 272. — Durch andere Stoffe 276. — Arbeiten von Caspari und v. Cochenhausen . . .	277
Das Wassergas: Was ist Wassergas? 279. — Wassergas als Heizstoff 280. — Darstellung 284. — Wassergas in Deutschland 286. — Wassergasglühlicht 288. — Heizgas	290
Phosphor: Atomgewicht und Valenz 291. — Modificationen 292. — Chlorphosphor 293. — Fluorphosphor 294. Phosphorigsäureanhydrid 296. — Phosphorsäure 297. — Darstellung der Phosphorsäure 298. — Phosphorsäure aus Kalkphosphat 300. — Aus phosphorhaltigen Schlacken 301. — Hydrat 302. — Unterphosphorsäure 302. — Phosphorfulfide	306
Aluminium: Darstellung im electrischen Ofen von Cowles	308
Germanium, ein neues Element	313
Nachtrag zu „Germanium“	401
Organische Verbindungen.	316
Fette und Fettsäuren: Erstarrungspunkt 317. — Löslichkeit 318. — Fettsäuren aus Kohlenwasserstoffen 319. — Oxidation von Fettsäuren 320. — Stearinsäure 321. — Palmitinsäure, Darstellung aus Delsäure 322. — Delsäure in den Stearinfabriken 324. — Wollfett und Lanolin	327
Glycerin: Glycerin aus Seifensiederunterlauge 330. — Glycerin aus Fett vor der Verseifung 336. 338. — Concentriren der Unterlauge 337. — Eigenschaften des Glycerins	339
Seife: Vorgang beim Ausfalzen 341. — Einwirkung von Wasser auf Seife 342. — Wirkung der Seife 344. — Seifenfabrication in Amerika 348. — Fabrication von Toiletteseifen 352. — Verseifung der Fette in Autoclaven	354
Greene's Verfahren, Del und Eiweißstoffe aus Getreidekörnern zu gewinnen	358
Salicylsäure: Erklärung des chemischen Vorgangs bei der Salicylsäuresynthese 360. — Neues Verfahren zur Darstellung der Salicylsäure von R. Schmitt	363
Anilinschwarz: Constitution 364. — Rolle der Metallverbindungen bei der Anilinschwarzerzeugung 365. — Bedingungen der Bildung von Anilinschwarz 366. — Kaltfärben von Anilinschwarz auf Baumwolle 367. — Vergrünen des Anilinschwarzes. Electrolytisches Anilinschwarz	368
Fuchsin: Praktische Ausführung und Produkte des Arsensäureverfahrens	369
Neue Verbindungen aus Kohlentheer: 375. — Theerfarben 377. — Azofarben, Indophenole 378. — Künstlicher Indigo 379. — Antipyretica 379. — Kairin 379. Antipyrin 380. — Thallin 381. — Wohlgerüche 381. — Saccharin	382
Aetherische Oele: Gewinnungsarten 384. — Neue Methode der Extraction des Parfüms durch flüchtige Lösungs-	

	Seite
mittel im Vacuum von Naudin 386. — Chemische Natur des Parfüms 390. — Terpene 391. — Zusammensetzung und Eintheilung der ätherischen Oele nach Wallach 392. — Rosenöl 394. — Wintergrünöl	395
Cocain: Cocablätter 396. — Eigenschaften und Wirkungen des Cocains 397. — Darstellung des Cocains 398. — Con- stitution des Cocains	400
<hr/>	
Nekrolog für das Jahr 1885	403
Literarische Anzeigen	410



Jahrbuch der Erfindungen.

3. Aufl. der 1. Aufl.

Sächsische
Landesbibliothek
Dresden

[Empty rectangular label]

I.

Astronomie.

Die Sonne.

Elektrische Fernwirkung der Sonne. — Die Ansicht, daß die Sonne eine elektrische Fernwirkung ausübt, die u. a. von Zöllner mit Glück zur Erklärung der merkwürdigsten Erscheinungen benutzt worden ist, die man an den Kometen beobachtet hat (vgl. dieses Jahrb. VIII, S. 17 u. 58), ist auch in neuerer Zeit wieder mehrfach vertheidigt und zur Erklärung kosmischer wie terrestrischer Erscheinungen benutzt worden. Wir gedenken in dieser Hinsicht besonders einer Arbeit von Werner Siemens in Berlin.¹⁾

Bei Auseinandersetzung seiner Theorie der Erhaltung der Energie der Sonne, deren Hauptgedanken im Jahrg. XVIII, S. 41 dieses Jahrbuchs vorgetragen wurden, hat Sir William Siemens die Hypothese aufgestellt²⁾, daß die Sonne ein hohes elektrisches Potential besitze, welches vielleicht die Erscheinungen des Zodiacallichtes hervorbringe, und er erklärt die Entstehung und Erhaltung dieses Potentials durch Reibung der Sonne von Seiten der nach seiner Theorie durch Licht- und Wärmestrahlen dissociirten Materie, die aus dem Weltraum den Polarregionen der Sonne zuströmt. Nach eingetretener Verdichtung soll dieselbe wieder verbrennen und dem Sonnenäquator zuströmen, wobei sie durch Reibung mit

1) „Ueber die Zulässigkeit der Annahme eines elektrischen Sonnen-Potentials und dessen Bedeutung zur Erklärung terrestrischer Phänomene“. Sitzungsberichte der Kgl. Preuß. Akad. d. W. zu Berlin. 31. Mai 1883, S. 625.

2) Vgl. Siemens, die Erhaltung der Sonnen-Energie. A. d. Engl. von Worms. Berlin 1885.

dem rotirenden Sonnenkörper elektrisirt und dann in elektrischem Zustande durch die Wirkung der bei der Rotation der Sonne entwickelten Centrifugalkraft aufs Neue in dem Weltraum verbreitet werden soll. Werner Siemens hat nun darauf hingewiesen, daß, wenn diese Theorie richtig ist, hier eine ähnliche Erscheinung vorliegt, wie bei der im Jahr 1860 von ihm beschriebenen Elektrisirung der Spitze der Cheops-Pyramide durch den empowirbelnden Wüstenstaub.¹⁾ Nimmt man den Sonnenkörper als leitend an und als isolirt von der Photosphäre, so kann man sich denken, daß derselbe die eine der durch Reibung getrennten Elektricitäten festhält, während die andere im Weltraum verbreitet wird. Da diese Verbreitung noch über die Bahnen der Planeten hinausreicht, so müßte der Sonnenkörper für die letzteren ein elektrisches Potential haben und vertheilend auf sie wirken. Da nun einige der wichtigsten terrestrischen Erscheinungen durch die Annahme eines solchen Sonnen-Potentials ihre Erklärung finden, die man bisher auf anderem Wege vergeblich gesucht hat, so findet Werner Siemens in dem Umstande, daß die Theorie seines Bruders die Annahme eines Sonnen-Potentials möglich macht, eine nicht unbedeutende Stütze für diese Theorie. Bei dem jetzigen Stande der naturwissenschaftlichen Kenntniß wird man nämlich kaum eine andere Erklärung für das Vorhandensein eines elektrischen Potentials der Sonne finden können. Denn bisher ist uns kein Vorgang bekannt, bei welchem nur eine Elektricität hervorgerufen wird. Wir kennen nur Scheidungen der beiden Elektricitäten, und wenn auch solche Scheidungen bei den gewaltigen mechanischen und chemischen Actionen an der Oberfläche des Sonnenkörpers aller Borausicht nach in sehr hohem Grade auftreten, so müssen sie sich durch Leitung doch innerhalb desselben wieder ausgleichen, und selbst wenn eine dauernde Trennung beider Elektricitäten im Sonnenkörper fortbestände, würde doch keine Fernwirkung einer derselben eintreten können“.

W. Siemens geht bei dieser Gelegenheit ein auf einen Einwand, der von Faye und Hirn gegen die Sonnentheorie seines Bruders erhoben worden ist. Dieselben meinen näm-

1) Poggend. Ann. Bd. 109, S. 355.

lich, daß die Unveränderlichkeit der Umlaufzeiten der Planeten um die Sonne unvereinbar sei mit der Erfüllung des Raumes mit Materie, weil auch eine äußerst verdünnte Atmosphäre eine Verminderung der planetarischen Geschwindigkeit und infolge dessen eine Verkürzung der Umlaufzeit herbeiführen müsse. Dem gegenüber macht Siemens geltend, daß dieser Einwand nur dann von Bedeutung wäre, wenn die Materie im Weltraum sich in relativer Ruhe befände. Nach der Theorie von Sir William Siemens hat aber diese Materie höchst wahrscheinlich überall die Umlaufzeit der Planeten, und es kann daher von einem Widerstande, den dieselbe der Planetenbewegung entgegenstellt, nicht die Rede sein. Wenn nämlich die Sonnenatmosphäre die Grenze erreicht, in welcher die Centrifugalkraft und die Attraction sich das Gleichgewicht halten, so muß jedes dieselbe überschreitende Massentheilchen von dort an wie ein Planet um die Sonne rotiren. Dringen nun neue Massentheilchen nach, so könnte sich durch fortschreitende Verdichtung der Materie ein Ring bilden, der nach den Kepler'schen Gesetzen um die Sonne rotirt. Indessen kann es zu einer solchen Ringbildung wegen der vorausgesetzten Continuität der Sonnenatmosphäre nicht kommen; da nämlich die gegenseitige Reibung der Gaschichten auch über die Gleichgewichtsfläche hinaus fortdauert, so werden auch die bereits in planetarischer Bewegung befindlichen Gaschichten noch einer Beschleunigung unterliegen. Infolge der Zunahme der Geschwindigkeit wird sich dann auch der Abstand dieser planetarischen Theilchen von der Sonne beständig vergrößern, so daß also der von Sir William Siemens angenommene stetige Abfluß von Sonnenatmosphäre in den Weltraum wirklich eintreten muß. Derselbe kann nur in der Aequatorzone der Sonne stattfinden, wo die Centrifugalkraft am größten ist. Die Dichtigkeit dieser in Uebereinstimmung mit den Kepler'schen Gesetzen rotirenden Sonnenatmosphäre ist wahrscheinlich bis auf große Entfernungen von der Sonne constant, während sie senkrecht zur Ebene des Sonnenäquators abnimmt.

Wenn aber auch wegen der ungefähr planetarischen Geschwindigkeit der in den Weltraum ausgestreuten Massentheilchen ein die Umlaufgeschwindigkeiten der Planeten ändernder Widerstand ausgeschlossen erscheint, so muß doch die Möglich-

keit eines, wenn auch minimalen Widerstandes zugegeben werden, der daher entsteht, daß die Planetenbahnen nicht genau in der Ebene des Sonnenäquators liegen, in welchem, wie wir gesehen, die von der Sonne ausgesandten Massentheilchen sich bewegen. Vielleicht, so meint Werner Siemens, erklärt sich daraus die langsame Veränderung der Neigungen der Planetenbahnen.

Viele Beobachtungen machen es wahrscheinlich, daß der Weltraum, wenigstens innerhalb unseres Sonnensystems, mit brennbaren Stoffen erfüllt ist, was ebenfalls für die Siemens'sche Theorie spricht, nach welcher die Verbrennungsproducte im Zustande größter Verdünnung und sehr niedriger Temperatur dissociirt sind. Um den Einwand zu beseitigen, daß die Dissociationsarbeit die Energie der Lichtstrahlen absorbiren würde und der Weltraum daher undurchsichtig werden müßte, hätte man nur anzunehmen, daß bloß die unsichtbaren, chemisch wirkenden Strahlen die Dissociation bewirken. Auch kann man annehmen, daß die Dissociationsarbeit im Laufe der Zeit bereits verrichtet ist und daß es bloß noch die fortwährend von der Sonne ausgehende chemisch verbundene Masse ist, welche von ihren Lichtstrahlen dissociirt wird, wozu ein Theil der Lichtenergie genügt. Ohne die Annahme der Dissociation ist nicht recht erklärlich, warum der Weltraum nicht, gleich unserer Atmosphäre, wesentlich mit Sauerstoff, Stickstoff und Wasserdampf erfüllt wäre. Denn wenn die Sonne und die Erde aus derselben rotirenden Nebelmasse hervorgegangen sind, so kann auch die Zusammensetzung des Sonnenkörpers nicht wesentlich von der der Erde verschieden sein. Wenigstens in unserem Sonnensystem müssen daher überall die electro-negativen Stoffe vorherrschend sein, und wahrscheinlich wird auch die erkaltete Sonne dereinst von einer Atmosphäre umhüllt sein, die Sauerstoff im Ueberschuß enthält. Wenn aber der Weltraum mit dissociirten Verbrennungsproducten im Zustande großer Verdünnung erfüllt ist, so müssen dieselben überall der Anziehung der Sonne anheim fallen, wenn sie nicht, wie in der Nähe der Äquatorebene der Sonne, durch ihre planetarische Bewegung dieser Anziehung entzogen werden. Dies ist namentlich in den Polarregionen der Sonne der Fall, wo die Centrifugalkraft ganz fehlt; hier muß also ein beständiger Zu-

fluß dissociirter Materie zur Sonne stattfinden. Macht man noch die sehr wahrscheinliche Annahme, daß die Sonnenmasse unverändert bleibt, so heißt das, daß dort ein Gleichgewichtszustand eingetreten ist, bei welchem ebensoviel verbrannte Materie von der Sonne in ihrer Aequatorialzone ausströmt, als ihr durch Massenanziehung im dissociirten Zustande in den Polarregionen wieder zugeführt wird.

Ist aber auch die Möglichkeit der Entstehung eines elektrischen Sonnenpotentials durch Friction und beständige Entfernung der mit der einen Elektrizität geladenen Körpertheile von der Sonne gegeben, so bleibt doch der Mechanismus dieser Elektrisirung dunkel. Das Sonnenlicht geht von einem nach Ritter's Berechnung etwa 25 km dicken Flammenmeer aus. Wir wissen nun nicht, ob eine Flamme verbrennender Gase von dieser Dicke noch viel Wärme- und Lichtstrahlen einer heißern Emissionsquelle durchlassen, noch wieviel sie davon absorbiren oder reflectiren wird. Gase, die auf 1500 bis 2000° C. erhitzt sind, erscheinen vollständig dunkel, wie Werner Siemens gezeigt hat (vgl. dieses Jahrb. XIX, S. 155), während sie schon bei geringer Temperaturerhöhung Wärmestrahlen emittiren; ob Gase bei noch stärkerer Erhitzung selbstleuchtend werden, ist experimentell noch nicht festgestellt. Da aber eine kleine Flamme in hellerem Licht schon einen Schatten wirft, so erscheint es unwahrscheinlich, daß von den aus tieferen und heißeren Sonnenschichten ausgehenden Licht- und Wärmestrahlen sehr viele die Photosphäre durchdringen. Die beobachtete Sonnentemperatur und das Sonnenlicht sind also wahrscheinlich Erscheinungen, die ihren Ursprung wesentlich in der chemischen Thätigkeit innerhalb der Sonnenatmosphäre haben. Diese bedingt, daß die im dissociirten Zustand aufsteigende und dabei durch Volumvergrößerung sich abkühlende Sonnenatmosphäre zu verbrennen beginnt, wenn die Dissociationstemperaturgrenze für die betreffende Verbindung überschritten ist, und daß diese Verbrennung solange fort dauert, bis der Wärmeverlust durch Ausdehnung gleich der frei gewordenen Verbrennungswärme ist. Die scheinbare Sonnentemperatur wird daher annähernd die Dissociationstemperatur derjenigen Verbindungen sein, welche das größte chemische Wärmeäquivalent haben, mithin des Wassers, dessen Bestandtheile in

größter Höhe verbrennen, während die schwereren und zugleich eine höhere Dissociationstemperatur besitzenden Massen schon in niedrigen Regionen verbrennen. Damit dieser Auftrieb der dissociirten Sonnenbestandtheile und die damit verbundene Verbrennung im Gange bleiben, ist es nothwendig, daß die endlichen Verbrennungsproducte wieder zum Sonnenkörper zurückkehren. Dies geschieht einmal deshalb, weil die Verbrennungsproducte ein höheres specifisches Gewicht besitzen, als die unverbrannten Gase, und ferner auch infolge der Abkühlung der höheren Schichten der Photosphäre durch Licht- und Wärmestrahlung. Die relativ schwerer gewordenen höheren Schichten kehren dann in niedergehenden Strömen zur Sonnentiefe zurück. In mittleren Breiten, wo die Bedingungen für eine rotirende Bewegung dieser niedergehenden Ströme gegeben sind und diese dadurch eine verticale Richtung erhalten, erblicken wir sie als Sonnenflecke. Die trichterförmige Verminderung des Durchmessers derselben schreibt Werner Siemens der großen Volumverminderung durch den rasch zunehmenden Druck zu. Weil im innern Raum der Trichter infolge der Verminderung der Temperatur um den Betrag der Dissociationswärme die leuchtende Flammenbildung fehlt, so muß dieser innere Raum relativ dunkel erscheinen. Auch treten vielleicht hier schon Condensationsproducte auf, welche die Strahlen aus den heller leuchtenden tieferen Sonnenschichten zurückhalten. Werner Siemens hält es ferner für nicht unwahrscheinlich, daß die hoch ausflodernden Sonnenfackeln aus Blasen von richtig gemischtem Knallgas oder mit Sauerstoff in richtigem Verhältniß gemischtem Kohlengas bestehen, welche infolge geringeren specifischen Gewichts und größerer Wärmeentwicklung bei der Verbrennung unter Durchbrechung der Photosphäre hoch emporgeschleudert werden und bei Abwesenheit leuchtender Flammenbestandtheile die Strahlen der heißeren tieferen Sonnenschichten zum Theil durchlassen. In dieser Strahlung aus der Sonnentiefe fände dann die mechanisch kaum zulässige Geschwindigkeit des Ausleuchtens mancher Fackeln ihre sehr einfache Erklärung.

Gegenüber der Behauptung seines Bruders, daß der Sonnenkörper selbst nicht heißer sein könne als etwa 3000°C. , weil bei höherer Temperatur die chemischen Strahlen über-

wiegen würden und bei bedeutend höherer Temperatur die Sonne sogar aufhören würde zu leuchten, macht Werner Siemens geltend, daß dies richtig sein könnte, wenn nicht wahrscheinlich die Photosphäre als Schirm die heißeren Strahlen des Sonnenkörpers zurückhielte. Aus Analogien der Beobachtungen läßt sich kein einigermaßen sicherer Schluß darauf ziehen, ob ein auf Hunderttausende oder gar Millionen von Graden erhitzter Körper noch leuchten wird. Es könnten von ihm ja sogar Strahlen von so geringer Wellenlänge ausgehen, daß sie auch keine chemische Arbeit mehr verrichten. Der scheinbar dunkle Kern der Sonnenflecke ließe sich dann auch daraus erklären, daß die zur Sonne zurückkehrenden, relativ abgekühlten Verbrennungsproducte durchsichtig bleiben und den für die Lichtstrahlung zu hoch erhitzten tiefern Sonnenschichten die Durchstrahlung gestatteten. Dafür würde sogar die violette Färbung der Kerne der Sonnenflecke sprechen. Für darstellbare Temperaturen gilt allerdings das Gesetz, daß neben den schnellen Aetherschwingungen, welche der höheren Temperatur entsprechen, auch die ganze Scala der langsameren auftritt; ob dies aber auch noch bei so ungemein hohen Temperaturen stattfindet, das wissen wir nicht.

Da die Flamme die Electricität gut leitet, so kann man die ganze Photosphäre und die wahrscheinlich ebenfalls am Verbrennungsproceß schon theilnehmende Penumbra als einen den heißeren Sonnenkörper umhüllenden leitenden Mantel betrachten, von dem aus durch theilweises Ausströmen der Verbrennungsproducte in den Weltraum eine continuirliche Entladung stattfindet. Der Sonnenkörper, wenn er leitend und von der Photosphäre isolirt ist, könnte nun mit Electricität geladen werden durch Reibung oder durch chemische Vorgänge zwischen dem leitenden Sonnenkörper und der Photosphäre. Ob aber heiße Gase Leiter der Electricität sind, auch wenn keine Flammerscheinungen in ihnen stattfinden, ist noch nicht durch directe Versuche entschieden. Werner Siemens hat schon im Jahr 1857 gezeigt¹⁾, daß die Gase, wie alle Körper, Leiter der Electricität werden, wenn die dielektrische Polarisation ihrer Molekeln ihr Maximum erreicht hat, und daß

1) Poggend. Ann. Bd. 102, S. 66.

dieses Polarisationsmaximum mit der Verdünnung der Gase, mithin auch mit ihrer Erwärmung, vom absoluten Nullpunkt gerechnet, proportional abnimmt, so daß sich Leiter von Nichtleitern dadurch unterscheiden, daß bei ersteren das Polarisationsmaximum verschwindend klein ist. Es ist aber sehr unwahrscheinlich, daß bei hoch erhitzten Gasen das Polarisationsmaximum verschwindend klein werden sollte, wie bei den Metallen. Im Ganzen erscheint daher die hohe Temperatur der Sonnengase als kein Hinderniß, ihnen isolirende Eigenschaften zuzuschreiben; entsprechend der Dichte der Sonnenatmosphäre wird sogar ihr Polarisationsmaximum trotz ihrer hohen Temperatur größer sein als das unserer kalten atmosphärischen Luft.

Ganz andere Verhältnisse können aber in größeren Sonnentiefen bei Eintritt des kritischen Zustandes auftreten. Für die elektrischen Eigenschaften dieses Zustandes haben wir weder Versuche noch Analogien, weshalb wir das Innere der Sonne uns auch metallisch leitend vorstellen dürfen. Die Oberfläche der im kritischen Molecularzustande befindlichen Sonnenmasse könnte dann ein elektrisches Potential haben. Es wäre nun denkbar, daß die Photosphäre an ihrer dem Sonneninnern zugekehrten Fläche durch Vertheilung elektrisch würde, so daß die Sonne mit ihrer Photosphäre gleichsam eine gewaltige Leidener Flasche bildete, wodurch die elektrische Fernwirkung des Sonneninnern größtentheils ausgeschlossen würde. Indessen ließe sich dies nicht ohne Weiteres annehmen, da die Leitungsfähigkeit der Flamme jedenfalls andere, mit dem Verbrennungsproceß zusammenhängende Ursachen hat, als bei andern Leitern. Siemens hat deshalb einige Versuche darüber angestellt, ob eine Flamme der Influenzwirkung ebenso unterliegt, wie andere Leiter, und diese Versuche haben die Voraussetzung bestätigt. Derselbe kommt daher zu dem Schlusse, daß der Sitz der Sonnenelektricität wesentlich in der Photosphäre zu suchen ist, nicht im Sonnenkörper selbst.

Wie schon früher erwähnt, wird nach Werner Siemens die Möglichkeit der Existenz eines elektrischen Sonnenpotentials zum Range großer Wahrscheinlichkeit erhoben, wenn man die Leichtigkeit betrachtet, mit welcher sich schwierige, bisher noch ungelöste Probleme terrestrischer Naturerscheinungen durch die Annahme eines solchen Potentials lösen lassen. Die

Sonne muß dann vertheilend auf alle Himmelskörper, also auch auf die Erde, wirken. Eine Ansammlung freier Electricität auf der Oberfläche der letzteren kann aber nur eintreten, wenn die frei werdende entgegengesetzte Electricität abgeleitet wird, und diese Ableitung ist nur denkbar durch Zerstreuung im Weltraum. Diese Zerstreuung wird bei der Erde noch befördert durch die große Verdünnung der oberen Luftschichten und die auf- und niedersteigenden, mit Feuchtigkeit beladenen Luftströme, die den höheren Schichten die freie Electricität zuführen. Daß in diesen verdünnten höhern Luftschichten elektrische Strömungen vor sich gehen, beweisen die Nord- und Südlichter, welche man betrachten könnte als den an der Grenze der Erdatmosphäre stattfindenden Ausgleich zwischen der von der Sonne mit negativer Ladung ausströmenden Materie und der frei gewordenen positiven Influenz-electricität der Erde. Dieser Ausgleich wird immer eintreten, wenn durch Aenderung des Sonnenpotentials auch das der Erde geändert wird. Daß derselbe vorzugsweise in den Polargegenden der Erde stattfindet, kann daher rühren, daß die polare Luft stärker elektrisch ist, weil sie durch die äquatoriale Luftströmung in den oberen Regionen der Atmosphäre fortwährend durch diese stärker elektrisirte Luft verdrängt wird, mithin in ihrer ganzen Masse die Electricität der höchsten Luftschichten niederer Breiten annehmen muß.

Als nothwendige Consequenzen des vorzugsweise in den Polargegenden stattfindenden Ausgleichs der Intensitätsschwankungen der Sonnen- und Erd-*Electricität* sind die Erdströme zu betrachten, welche ihrerseits durch ihre elektrodynamische Wirkung die Magnetnadel beeinflussen.

Man kann sogar, wie Werner Siemens zeigt, den Versuch machen, den Erdmagnetismus selbst als eine elektrodynamische Wirkung der elektrischen Ladung der Erde aufzufassen. Durch interessante Versuche, welche Rowland unter der Leitung von Helmholtz angestellt hat, ist bewiesen, daß mechanisch fortbewegte statische Electricität in ähnlicher Weise elektrodynamische Wirkungen ausübt, wie ein elektrischer Strom. Wenn daher die Erde auf ihrer Oberfläche mit Electricität von großer Dichte geladen ist, so muß sie in Folge ihrer Rotation in gleicher Weise magnetische Erscheinungen zeigen, wie

wenn elektrische Ströme sie umkreisten, die bei einer Umdrehung in jeder Breite eine der statischen Electricität auf dem betreffenden Oberflächenringe gleiche Menge Electricität um sie herumführten. Da das magnetische Moment eines Kreisstromes im Verhältniß der umströmten Fläche steht, so wird angesichts der großen Dimensionen der Erde keine zu große Dichte der Electricität auf der Oberfläche der Erde erforderlich sein, um die besprochene Wirkung hervorzubringen; und da ferner die Oberfläche der Sonne 11483 mal so groß ist als die der Erde, während der Abstand beider Himmelskörper nur 22934 Erdhalbmesser beträgt, so würde die Dichte der Sonnenelectricität nur etwa das Doppelte von derjenigen der Erde zu sein brauchen, um diese durch Vertheilung hervorzurufen. Daß der Erdmagnetismus sehr unregelmäßig auf der Erdoberfläche verbreitet ist, daß namentlich auch die magnetischen Pole nicht mit den Rotationspolen zusammenfallen, wie es bei einer gleichmäßigen Bedeckung der Erdoberfläche mit Electricität der Fall sein müßte, hat wahrscheinlich darin seinen Grund, daß ungefähr der dritte Theil der Erdoberfläche aus Festland besteht, welches größtentheils Felsboden hat, der oft nur dünn mit schlecht leitendem Erdreich bedeckt ist. Die Ansammlung der Influenzelectricität wird daher an solchen Stellen vorzugsweise auf der Oberfläche des glühenden, gut leitenden Erdinneren zu suchen sein, durch deren größeren Abstand von der Erdoberfläche der Einfluß der zunächst liegenden in convectiver Bewegung befindlichen Electricitätsmassen vermindert wird. Ob sich die thatsächlich bestehende Vertheilung des Erdmagnetismus, sowie die periodischen wie die unregelmäßigen Störungen desselben auf diese Weise erklären lassen, das muß freilich Gegenstand späterer eingehender Untersuchungen bleiben. Die täglichen regelmäßigen Störungen mögen wohl darin begründet sein, daß die Dichte der Influenzelectricität auf der von der Sonne abgewandten Seite der Erde kleiner ist als auf der ihr zugewandten; diese ungleiche Dichtigkeit der Electricität muß mit der Rotation der Erde fortschreiten, kann daher Ursache der von Lamont untersuchten regelmäßigen Erdströme sein. Ebenso können die magnetischen Störungen des Mondes in der Rückwirkung der Mondelectricität auf die Vertheilung der Elek-

tricität auf der Erde ihre Erklärung finden. Dagegen glaubt Siemens, daß die säculare Aenderung der magnetischen Pole auf kosmische, noch nicht erkannte Ursachen zurückzuführen sei.

Wenn aber diese Theorie auch Vieles unerklärt läßt, so gewährt sie doch, wie Siemens mit Recht hervorhebt, die Möglichkeit, eine Erklärung für die Entstehung des Erdmagnetismus im Anschluß an unsere bisherigen Erfahrungen zu geben, was bei keiner der bisherigen Theorien der Fall war.¹⁾ Wir versparen auf den meteorologischen Abschnitt des Jahrbuches das, was uns Siemens über die Erklärung der Luft-electricität und der Gewittererscheinungen durch das elektrische Potial vorträgt, um schließlich noch eines Einwandes zu gedenken, den man gegen die Existenz eines solchen Potentials erheben könnte. Dieser besteht darin, daß die elektrische Anziehung zwischen der Sonne und den Planeten und die Abstoßung, welche die letzteren aufeinander und auf ihre Planeten ausüben müßten, die Grundlagen der astronomischen Rechnungen modificiren würden, weil neben der Gravitation dann auch noch die Electricität in Rechnung zu ziehen wäre. Da indessen beide Kräfte umgekehrt proportional dem Quadrate des Abstandes wirken, so würden die Bahnen der Planeten bei Berücksichtigung der elektrischen Wirkung der Sonne ungeändert bleiben, die Massen aber würden sich allerdings ändern, und zwar besonders merklich bei den kleineren Planeten und den Trabanten und da diese Massen für die Störungsrechnung maßgebend sind, so ist es vielleicht der Astronomie vorbehalten, aus den Störungen der Bahnen des Merkur, der Planetoiden und Monde eine Entscheidung über die Existenz oder Nichtexistenz eines elektrischen Sonnenpotentials herbeizuführen.

Mit Hilfe des elektrischen Potentials, das in der Photosphäre der Sonne seinen Sitz hat, glaubt ferner Huggins die mancherlei merkwürdigen Erscheinungen am besten erklären zu können, welche uns

die Corona der Sonne darbietet. In einem Vortrag vor der Royal-Institution in London erinnert derselbe daran,

1) Eine Uebersicht über die verschiedenen Theorien findet man in dem außerordentlich inhaltreichen „Lehrbuch der Geophysik und physikalischen Geographie“ von S. Günther (2 Bde., Stuttgart 1884 u. 85), Bd. II, S. 42.

daß der Kopf eines großen Kometen uns Lichtausströmungen und gekrümmte Strahlen zeigt, welche im Kleinen den Erscheinungen gleichen, welche für die Corona charakteristisch sind. Man habe nun mit Vortheil zur Erklärung dieser Erscheinungen bei den Kometen seine Zuflucht zu einer elektrischen Abstößungskraft der Sonne genommen, die von der Größe der Oberfläche, nicht wie die Gravitation von der Masse abhängt. Wie man sieht, ist es die von Zöllner entwickelte Theorie, auf welche sich Huggins beruft. Wenn nun die Photosphäre der Sonne ein solches Potential besitzt, so liegt angesichts der gewaltigen Eruptionen glühender Gase, die wir beständig auf der Sonne beobachten, die Möglichkeit vor, daß Theile von Materie, die sich in demselben elektrischen Zustande befinden wie die Photosphäre, zu großen Höhen emporgeschleudert, von der Photosphäre abgestoßen und fortgetrieben werden, um die mannigfaltigsten Gestalten anzunehmen, die wir an der Corona beobachten. Für die Zulässigkeit dieser Anschauung spricht die Thatsache, daß die Position der größten Ausdehnung der Corona gewöhnlich der Fleckenzone entspricht, wo die Sonnenthätigkeit am heftigsten ist, und auch eine genauere Prüfung der Structur der Corona führt zu der Ansicht, daß diese Structur bedingt ist durch eine Kraft, die ihren Sitz auf der Sonne hat. Materie, die von der Photosphäre aus nach oben geschleudert wird, muß, weil ihr die kleinere Rotationsgeschwindigkeit der Photosphäre innewohnt, in der Höhe zurückbleiben, und so entstehen die gekrümmten Formen vieler Coronastrahlen; auch wird die Richtung, in welcher das Emporschleudern erfolgt, nicht immer radial sein.

Die lange Dauer der Formen der Corona ist besonders durch die Wahrnehmungen bestätigt, die man bei Gelegenheit der totalen Finsterniß am 6. Mai 1883 auf der Caroline-Insel im Stillen Ocean gemacht hat (vgl. dieses Jahrb. XX, S. 26). Nicht bloß zeigen die photographischen Abbildungen der Corona, die man während der Finsterniß erhielt, trotz der langen Dauer der Exposition (5 Minuten) alle Einzelheiten sehr klar und bestimmt, sondern ein großer, charakteristischer Spalt, der sich in der Corona befindet, ist auch in den Bildern erkennbar, die in England einen Monat vor und einen Monat nach der Finsterniß aufgenommen wurden. Ebenso ließ schon

die Vergleichung der ersten von Huggins von Ende Juni bis Ende Septembers 1882 bei vollem Sonnenschein erhaltenen Corona-Photographien mit den von Abney während der totalen Finsterniß vom 17. Mai desselben Jahres in Aegypten erhaltenen erkennen, daß die Corona in der Zeit vom Mai bis September nur unwesentliche Veränderungen erfahren hatte. Huggins erinnert aber mit Recht daran, daß diese Beständigkeit wahrscheinlich nur der Form, nicht der Coronamaterie zukommt; es verhält sich mit ihr ähnlich wie mit der Wolke, die den kühlen Gipfel eines Berges umhüllt, oder mit der weißen Schaumstelle in einem Bach, deren Bestandtheile beständig wechseln, während das äußere Aussehen dasselbe bleibt. Begründet ist diese Beständigkeit der Formen bei der Corona durch die längere Dauer der Bedingungen, welche sie hervorrufen.

Ueber einige interessante Protuberanzen, die im vorigen Jahre sichtbar waren, hat Trouvelot berichtet.

Am 26. Juni, Mittags 1 Uhr 23 Min. Pariser Zeit erblickte derselbe zwei Protuberanzen¹⁾, die nicht bloß durch Höhe, sondern auch dadurch bemerkenswerth waren, daß sie an zwei diametral entgegengesetzten Stellen des Sonnenrandes auftraten, die eine östlich in 59° , die andere westlich in 239° . Die erstere war in ihrem unteren Theile nur schwach leuchtend, aus dünnen Fasern zusammengesetzt und gegen den Nordpol geneigt; in 3' Höhe entfaltete sie sich mit einem Male zu einem hellglänzenden Gewirr von Aesten, die, in der mannigfachsten Weise verflochten, 25 bis 30° des Umfangs einnahmen. Die gemessene Höhe betrug $10.5'$, also fast $\frac{1}{3}$ des Sonnendurchmessers; in Wahrheit erstreckte sich die Protuberanz, in größerer Höhe allmählich an Glanz abnehmend, noch weiter. Die Thätigkeit dieses Gebildes war im Abnehmen begriffen; 15 Min. nach der ersten Beobachtung waren nur noch einige in 5 bis 9' frei schwebende Reste sichtbar, und nach abermals 10 Min. waren auch diese verschwunden.

Die andere Protuberanz, die ungefähr gleich hoch sich am diametral entgegengesetzten Punkte des Randes erhob, war baumförmig; von der Basis, die der Wurzel eines Pandanus glich, erhob sich, rechtwinklig zum Rande, eine leicht gekrümmte

1) Comptes rendus, T. 101, p. 50 (1885 juillet 6).

Säule bis zu 5' Höhe, die sich in zahlreiche, noch oben hin an Glanz abnehmende Aeste verzweigte. Während bei der ersten die Thätigkeit im Abnehmen begriffen war, befand sich diese Protuberanz noch in voller eruptiver Thätigkeit. Sie stand übrigens anscheinend in Verbindung mit einer dem Rand ziemlich nahen Fleckengruppe, während sich bei der östlichen Protuberanz kein entsprechender Fleck erkennen ließ; nur eine große Fackelgruppe wurde später (28. Juni) an ihrer Stelle beobachtet.

Das Merkwürdigste an diesen Gebilden war nicht sowohl ihre enorme Höhe von 460000 km, denn es sind frei schwebende Protuberanzen in noch beträchtlicherer Höhe beobachtet worden, als vielmehr ihre gegenseitige Stellung an diametral entgegengesetzten Punkten, die Trouvelot nicht als ein Werk des Zufalls betrachten möchte.

Eine andere bemerkenswerthe Protuberanz sah Trouvelot am 16. August vor. J. früh 9 Uhr 25 Min. am östlichen Sonnenrand.¹⁾ Sie schien frei zu schweben, gleich einer Wolke, zwischen 2' 36'' und 3' 54'' Höhe; bei aufmerksamer Betrachtung aber wurde ein feiner, wenig leuchtender Faden sichtbar, durch den sie mit der Chromosphäre verbunden war. Während anfangs in der halbkugelförmigen Masse tiefe Ruhe zu herrschen schien, gaben sich eine Stunde später Anzeigen von Bewegung kund, während gleichzeitig der Glanz zunahm. Die Protuberanz erhob sich nun mehr und mehr, dabei an Glanz abnehmend; um 10 Uhr 46 Min. hatte der Gipfel die Höhe von 6' erreicht, um 10 Uhr 56 Min. 6' 47'', um 11 Uhr 9 Min. 8' und 11 Uhr 20 Min. 9' 27''; um 11 Uhr 22 Min. war alles vorbei. Während des Aufsteigens schien sie sich um sich selbst zu drehen, die anfangs auf der Hauptmasse sichtbaren Verzweigungen blieben an dem aufgewickelten Stiele erkennbar, und um 11 Uhr 7 Min. bildete die Protuberanz eine lange verzweigte Säule, die am Gipfel heller war als an der Basis. Trouvelot bemerkt noch, daß diese Protuberanz dem Hauptfleck einer großen Fleckengruppe diametral gegenüber stand.

Sonnenflecken. — An einigen vorzüglich gelungenen Sonnenflecken-Photographien aus dem Jahr 1885 hat Janssen

1) Comptes rendus, T. 101, p. 475 (1885 août 17).

erkannt, daß die granulirte Beschaffenheit, welche der Oberfläche der Photosphäre eigenthümlich ist (vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 56), sich auch ins Innere der Flecke hinein fortsetzt. Besonders deutlich zeigt eine Photographie des großen Fleckes vom 22. Juni 1885, daß die helle Zone, welche im allgemeinen die Penumbren großer Flecken umgiebt, keine wesentlich andere Beschaffenheit als die Photosphäre besitzt, sondern in derselben Weise aus abgerundeten Körpern, gewöhnlich in Kugelgestalt, gebildet wird. Die auffallende Helligkeitszunahme dieser Region rührt davon her, daß die Granulationen an sich heller sind, auf einem helleren Hintergrund und dichter gedrängt als anderwärts stehen. Auch in der Penumbra selbst sind diese Granulationen noch erkennbar, sie sind aber weniger hell und mehr zerstreut; zwischen den einzelnen Reihen, in welche die Granulationen gleich Perlen an einer Schnur geordnet sind, werden dunkle Zwischenräume sichtbar. Durch diese Anordnung der Granulationen wird das gewöhnliche gestreifte Aussehen der Penumbra bewirkt. In der Nähe des Kernes werden die Körner im Allgemeinen kleiner und dunkler, und im Kern selbst scheinen sie sich aufzulösen. Derselbe Fleck war übrigens durch helle Lichtbrücken, die den Kern durchsetzten, und eine dieselben verbindende isolirte Masse leuchtender Materie bemerkenswerth. Beide Gebilde bestanden gleich der Photosphäre aus körnigen Elementen, und da die Penumbra und die nächste Umgebung auch bei anderen Flecken eine gleiche Constitution zeigte, so findet es Zanssen wahrscheinlich, daß die leuchtende Masse, welche die Sonnenoberfläche bildet, überall dieselbe Zusammensetzung besitzt. Diese granulirte Beschaffenheit der Photosphäre macht sich nach Trouvelot selbst im Aussehen der Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum bemerklich; derselbe hat nämlich die Linien C, D₁, D₂, b₁, b₂, b₃ und F nicht gleichmäßig dunkel, sondern aus einer großen Anzahl weißlicher Punkte zusammengesetzt gesehen, die durch dunkle Zwischenräume getrennt waren.

Bezüglich der allgemeinen Sonnenthätigkeit in den letzten Jahren liegen von verschiedenen Seiten Mittheilungen vor.

Wolf giebt als Relativzahlen für die Sonnenflecke in den letzten Jahren die folgenden:

1883: 63·7, 1884: 63·3, 1885: 50·3

Die Fleckenthätigkeit war also im Jahr 1884 ein wenig geringer als im vorhergehenden, und Wolf setzt daher das Maximum derselben auf 1883·9, so daß dieses Maximum demjenigen von 1870·6 in 13·3 Jahren, dem Minimum von 1879·0 aber in 4·9 Jahren gefolgt ist. Noch deutlicher ist die Verminderung bemerklich im Jahr 1885. In den Monaten Mai, Juni und Juli war allerdings eine starke Steigerung der Fleckenthätigkeit bemerkbar, dann aber nahm dieselbe rasch ab, und in den letzten Monaten blieb sie weit unter dem Jahresmittel. Man erkennt dies deutlich aus der folgenden Zusammenstellung der von Wolf und (in den drei letzten Columnen) Tacchini gegebenen Zahlen, die gut mit einander übereinstimmen:

1885	Wolf's Zahlen	Relative Häufigkeit	Relative Größe	Tägliche Anzahl der Gruppen
Januar	31·4	19·57	43·19	4·33
Februar	67·2	23·81	77·33	5·96
März	46·6	16·23	44·92	2·92
April	54·6	15·10	56·86	3·48
Mai	80·5	18·68	86·21	5·80
Juni	82·1	22·36	132·76	5·21
Juli	61·4	15·41	90·22	4·45
August	47·7	11·20	44·70	3·40
September	43·4	9·14	59·20	3·31
October	42·6	12·55	55·64	3·09
November	26·8	6·35	22·90	2·30
December	18·9	4·84	21·44	2·12

Eine weniger schnelle Abnahme hat sich bei den Faceln geltend gemacht; doch ist dieselbe immerhin merklich gewesen, wenn auch mehr in Rücksicht auf den Glanz als im Bezug auf die Flächenausdehnung.

Bemerkenswerth ist nun, daß man an den Protuberanzen eine solche Abnahme im Jahr 1885 nicht hat beobachten können. Man sieht dies aus dem folgenden vom Rev. S. J. Perry zu Stonyhorst gegebenen Zahlen:

Jahr	Mittl. Höhe der Chromosphäre ausschließlich der Protuberanzen.	Mittlere Höhe der Protube- ranzen.	Mittlere Ausdeh- nung der Protube- ranzen in Bogen.
1880	7·93''	23·46''	23° 21'
1881	8·04	24·61	33 18

Jahr	Mittl. Höhe der Chromosphäre ausschließlich der Protuberanzen.	Mittlere Höhe der Protuberanzen.	Mittlere Ausdehnung der Protuberanzen in Bogen.
1882	8·24''	24·55''	40° 57'
1883	8·27	27·23	41 24
1884	7·94	25·74	29 6
1885	8·00	28·67	28 25
Mittel } 1880—85 }	. . 8·07'' . . . . .	. . 25·71'' . . . . .	. . 32° 45'

Es ist also höchstens in der mittleren Ausdehnung in Bogen eine geringe Abnahme der Protuberanzthätigkeit erkennbar, die darauf hindeutet, daß die Epoche des Maximums der Sonnenthätigkeit vorüber ist.

Spoerer hat darauf aufmerksam gemacht, daß während der Zeit des Maximums die Flecke nicht gleichmäßig über beide Sonnenhemisphären vertheilt waren, sondern daß in den Jahren 1883 bis 1885 die Flecke fast beständig auf der Südhemisphäre überwogen, während von der Epoche des letzten Minimums bis zu Ende 1882 im Ganzen mehr Flecke auf der Nordhälfte der Sonne auftraten. Für das Jahr 1885 ergiebt sich die Vertheilung der verschiedenen auf der Sonne wahrnehmbaren Erscheinungen auf die beiden Hemisphären aus folgenden von Tacchini gegebenen Zahlen:

	nördl. Halbkugel	südl. Halbkugel
Gewöhnliche Protuberanzen	0·478	0·522
Fackeln	0·367	0·633
Flecke	0·336	0·664
Metallische Eruptionen	0·325	0·675

Während also die gewöhnlichen, aus Wasserstoff bestehenden Protuberanzen fast gleich häufig in der Nord- und in der Südhalbkugel auftreten (der Unterschied beträgt nur etwa 2 Procent), ist die Anzahl der Sonnenflecke, Fackeln und der metallischen Eruptionen ungefähr doppelt so groß auf der südlichen als auf der nördlichen Hemisphäre der Sonne. Fackeln, Flecke und metallische Eruptionen folgen hiernach ungefähr demselben Gesetz, während die gewöhnlichen Protuberanzen davon unabhängig zu sein scheinen.

Planeten und Monde.

Der Erdmond. — Ueber die Temperatur der Mondoberfläche hat Langle eine Arbeit veröffentlicht.¹⁾ Bereits im vorigen Jahrhundert haben Tschirnhausen, La Hire u. A. sich bemüht, mittels großer Brennspiegel oder Sammellinsen Spuren von Wärme in den Strahlen des Mondes nachzuweisen, aber vergeblich, ja mit der Vervollkommnung der Apparate beobachtete man nicht selten im Brennpunkt der Linsen oder Spiegel ein Sinken des Thermometers, wahrscheinlich eine Folge der Wärmeausstrahlung der Thermometerkugel. Wenn manche Beobachter im Anfang dieses Jahrhunderts Andeutungen von Wärme zu bemerken glaubten, wie Howard (1820), so ist bei dem damaligen Stande der Thermometrie ein Zweifel an der Zuverlässigkeit dieser Beobachtungen nur zu wohl begründet; selbst Forbes erhielt (1835), als er das Mondlicht durch eine Linse auf das 6000 fache concentrirte, nur ein negatives Resultat und kam dadurch zu dem Schlusse, daß die Wärmewirkung des Mondes auf der Erdoberfläche $\frac{1}{300\,000}$ Centesimalgrad nicht übersteigen könne. Erst Melloni gelang es 1846 unter Anwendung einer polyzonalen Brennlinse von 1 m Oeffnung und gleich großer Brennweite mit Hilfe seines neuerfundenen Thermomultiplicators in der klaren Luft des Vesuv Wärme in den Mondstrahlen nachzuweisen, wiewohl in unmeßbarer Quantität. Später erhielt auch Piazzì Smyth auf dem Pic von Teneriffa Andeutungen von Mondwärme; aber diese und noch andere Beobachtungen, selbst noch die von Tyndall (1861) und Huggins (1869) führten nur zu dem Resultate, daß die Mondwärme auch für die feinsten thermometrischen Instrumente unmeßbar klein sei. Auch als Marié Davy Veränderungen in der Wärmestrahlung des Mondes mit wechselnder Phase desselben erkannte und die Wärmestrahlung des Vollmondes auf $\frac{1}{100\,000}$ Grad (etwa den 50 sten Theil des Smyth'schen Werthes) festgestellt zu haben glaubte, blieb doch die ganze Frage in Ansehung des experimentellen Verfahrens noch im Wesentlichen auf dem früheren Stand-

1) Memoirs of the National Academy of Sciences. Vol. III, part I. 1884 (Washington 1885), p. 11.

punkte. Eine neue Periode beginnt aber 1869 mit den Arbeiten des Carl of Rosse, die alles bis dahin auf diesem Gebiete Geleistete an Sorgfalt übertreffen. Aus diesen Versuchen, die mit einem dreifüßigen Spiegelteleskop und zwei kleinen Sammelspiegeln nebst Thermomultiplicator angestellt wurden, ergab sich für das Verhältniß der Wärmestrahlung von Mond und Sonne 1 : 82 600.

Wie Langley näher ausführt, ist die Kenntniß der Wärmewirkung des Mondes und die damit zusammenhängende Frage nach der Temperatur seiner Oberfläche von größerem Interesse als es auf den ersten Blick den Anschein hat. Denn wenn wir die Temperatur nicht kennen, welche ein Himmelskörper ohne Lufthülle unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen annimmt, so wissen wir auch nicht, wie weit unsere Atmosphäre von Einfluß ist auf die Temperatur an der Erdoberfläche. Im Allgemeinen hat man bis jetzt angenommen, daß die letztere in der Hauptsache eine Wirkung der Sonnenstrahlung sei, wobei man allerdings zugegeben hat, daß die Atmosphäre insofern zur Erhöhung der Temperatur beiträgt, als sie die Ausstrahlung der Wärme vom Boden verhindert; die nähere Beschaffenheit und die Größe dieser Wirkung hat man aber kaum geahnt. So hat Sir John Herschel nach vermeintlicher Analogie mit terrestrischen Verhältnissen geschlossen, daß die Mondoberfläche sich während der langen Bestrahlung durch die Sonne auf 200 bis 300° Fahr. (93 bis 149° C.) erhitzen, während der langen Mondnacht aber eben so tief unter den Nullpunkt erkälten müsse. Diese Ansicht ist als ziemlich richtig betrachtet worden, und John Ericsson, welcher der Mondoberfläche eine intensive Kälte zuschreibt, steht mit seiner Meinung ganz vereinzelt. Nach Langley's Ueberzeugung würde die von Herschel angegebene hohe Temperatur nur dann auf dem Mond herrschen können, wenn dieser mit einer Atmosphäre umgeben wäre; vielmehr muß die Mondoberfläche, wenn sie absolut keine atmosphärische Hülle hat, auch in vollem Sonnenschein kalt sein, eine Behauptung die paradox erscheinen mag, auf die man aber geführt wird durch Wahrnehmungen, die jeder zu machen Gelegenheit hat, der in die höheren Schichten unserer Atmosphäre aufsteigt. „Sowie wir einen Berg hinauf gehen, finden wir, daß der Boden im Sonnenschein nicht wärmer, sondern kälter wird, und

in großen Höhen, wo das Barometer niedrig steht, und wir uns zum Theil den Bedingungen nähern, die auf dem Monde herrschen, wenn er ohne Luft ist, da finden wir die Oberfläche beständig mit Schnee bedeckt trotz der intensiveren Sonnenstrahlung. Die directen Strahlen sind allerdings heißer, aber die Ausstrahlung vom Boden ist um so viel stärker als unten, daß im Ganzen mit jedem Schritt aufwärts der Schutz durch die Atmosphäre geringer und der Boden kälter wird.“ Die gleichen Erfahrungen hat man bei Luftfahrten gemacht, und Langley kommt deshalb zu dem Schlusse, daß bei noch höheren Aufsteigen bis in Regionen, wo wir den Luftkreis ganz hinter uns zurückgelassen, wir in noch kältere Gegenden gelangen würden als die höchsten für Menschen erreichbaren. Man hat behauptet, daß die niedrige Temperatur beträchtlicher Höhen zum großen Theil der Ausdehnung aufsteigender Luftströme und ähnlichen Ursachen zuzuschreiben sei; Langley hat aber 1881 auf dem Mount Whitney in der Sierra Nevada in Höhen von 3000 bis 15000 Fuß (914 bis 4570 m) hunderte von aktinometrischen Messungen ausführen lassen bezüglich der directen Sonnenstrahlung und ihrer Fähigkeit, ein von allen störenden Einflüssen befreites Thermometer zu erwärmen, so daß daraus ein Schluß zu ziehen war auf den erwärmenden Einfluß, den die Sonnenstrahlen auf den Boden ausüben würden, wenn die Luft ganz fehlte. Dabei kam nun Langley zu dem Resultate, daß die Temperatur der Erdoberfläche in vollem beständigem Sonnenschein bei gänzlicher Abwesenheit der Atmosphäre nicht wesentlich mehr als 48° C. über die Temperatur des umgebenden Weltraums steigen könnte. Die letztere ist allerdings nicht zuverlässig bekannt, da Pouillet's Angabe (-142° C.) nicht einwurfsfrei ist und Langley selbst auf viel niedrigere Werthe gekommen ist. Nach des letzteren Meinung aber würde die Temperatur der Erdoberfläche, wenn sie nur durch die Bestrahlung seitens der Sonne bedingt und die Atmosphäre nicht vorhanden wäre, eine so niedrige sein, daß jede Flüssigkeit, ja vielleicht jedes Gas auch unter den senkrechten Strahlen der Sonne nur als fester Körper bestehen könnte. Nach seiner Ueberzeugung verdanken wir lediglich unserer Atmosphäre und ihrer Fähigkeit, durch selective Absorption die Sonnenwärme aufzuspeichern, die hohe Temperatur, welche es uns ermöglicht, auf der Erdoberfläche zu leben. Wenn nun

das Verhältniß der leuchtenden Strahlen des Mondes zu denen der Sonne von Lambert als 1 : 300 000, von Pickering als 1 : 350 000, von Zöllner als 1 : 618 000, von Wollaston sogar als 1 : 801 000 angegeben wird, so erscheint das von Lord Rosse gefundene Wärmeverhältniß 1 : 82 600 verhältnißmäßig sehr hoch und kaum auf andere Art erklärlich, als durch Anwesenheit einer Atmosphäre auf der Mondoberfläche, wenn auch deren Dichte so gering ist, daß sie der astronomischen Beobachtung entgeht.

Die eigenen Beobachtungen Langley's wurden seit November 1880 mit dem Bolometer angestellt. Wegen der Einzelheiten auf die Originalabhandlung verweisend, begnügen wir uns hier mit Angabe der Resultate.

Die directe Vergleichung zeigt, daß wir nahezu die ganze Menge Sonnenenergie von dem Vollmond erhalten, welche wir von einer diffundirenden Scheibe von gleichgroßer Winkelöffnung zu empfangen erwarten dürfen. Diese Wärme muß zum Theil ausgestrahlt, zum Theil reflectirt sein, das Verhältniß zwischen beiden kennen wir nicht. Soweit wir den mit großen Fehlerquellen behafteten Beobachtungen trauen dürfen, scheint unsere Atmosphäre für den größten Theil der Mondwärme beiderlei Art durchlässig. Man kann jedenfalls sagen, daß dieselbe für Wärme von geringerer Wellenlänge diatherman ist, als bisher angenommen wurde, und für Wärme von geringerer Wellenlänge, als von der Sonne zu uns zu gelangen scheint.

Aus vergleichenden Versuchen mit einem Leslie'schen Würfel (einem geschwärzten, mit heißem Wasser gefüllten würfelförmigen Blechgefäß) scheint sich zu ergeben, daß die Temperatur der von der Sonne beschienenen Mondoberfläche in der Nähe des Gefrierpunktes liegt, aber nicht so tief unter demselben, als man bei völliger Abwesenheit von Luft vermuthen sollte.

Langley's Beobachtungen lassen keine größere Durchlässigkeit unserer Atmosphäre für Mond- als für Sonnen-Wärme mit Sicherheit erkennen.

Aus den auf Lord Rosse's Sternwarte während der Mondfinsterniß vom 4. October 1884 (vgl. dieses Jahrb. XXI, S. 39) gemachten Beobachtungen schließt Langley, daß die Wärme des Mondes verschwindet, sowie derselbe in den Erdschatten tritt; irgend welche Zeichen eigener Wärme sind nicht bemerkbar.

Mittels Prismen und Linsen aus Steinsalz ist es Langley gelungen, Messungen in einem Mond-Wärme-Spectrum zu erhalten, die allerdings nur als vorläufige gelten können. Dabei hat er zwei Maxima der Wärmecurve gefunden, deren eines mit dem Maximum in der Curve der Sonnenwärme übereinzustimmen scheint, während das andere weiter unten im Spectrum liegt und einem großen Quantum Wärme von niedriger Temperatur entspricht. Es gelang, mit einem mit kochendem Wasser gefüllten Leslie'schen Würfel ein meßbares Wärmespectrum zu erhalten, und dabei schien das Maximum der Mondwärme noch unterhalb des Maximums der Heißwasser-Wärme zu liegen.

Im Ganzen kommt Langley zu dem Ergebnis, daß wir zwar vielfache sichere Beweise von Mondwärme haben, daß aber keine der Methoden, welche versucht worden sind, um die Art dieser Wärme zu erkennen, sich als stichhaltig erwiesen hat. Wenn es auch nicht bezweifelt werden kann, daß die Mondoberfläche Wärme ausstrahlt, so können wir diese doch nicht mit Sicherheit experimentell von reflectirter Wärme unterscheiden. „Ob wir dies in Zukunft zu thun vermögen oder nicht, das wird wahrscheinlich davon abhängen, ob wir im Stande sind ein Meßverfahren zu benutzen, das uns unmittelbar die Wellenlänge der beobachteten Wärme giebt.“

Oberflächengebilde auf dem Monde. Ueber einige ältere merkwürdige Beobachtungen solcher Gebilde hat Trouvelot berichtet. 1) Am 20. Februar 1877 zwischen 9 Uhr 30 Min. und 10 Uhr 30 Min. beobachtete derselbe zu Cambridge in den Ver. Staaten bei sehr günstigem Zustand der Atmosphäre mit einem Refractor von 6 Zoll Oeffnung einen feinen Lichtfaden, der die südliche Hälfte des Kraters Eudorus durchschnitt, und zwar in gerader Linie und gleichmäßiger Breite von einem Kraterrand zum andern reichend. Im Westen blieb dieser Lichtstreifen durch eine feine Auszahnung vom Kraterwall getrennt, im Osten aber reichte er bis zum Rand und endete dort in einer Art von geschlängeltem Hohlweg, der sich noch im Südost jenseits des Kraters fortsetzte. Die westliche Hälfte dieser Lichtlinie war beiderseits von schwarzem Schatten

1) L'Astronomie. 1885, juin, p. 212.

umgeben, die östliche nur auf der nördlichen Seite, und dieser Schatten bildete auf der nördlichen Seite ein ziemlich breites schwarzes Band, das eine Strecke weit mit der hellen Linie parallel lief, bei Annäherung an den Kraterwall aber sich ausbreitete. Im Ganzen machte diese Linie, die an Helligkeit die benachbarten beleuchteten Theile des Mondes übertraf, mit dem dunkeln Schattenband auf der Nordseite auf den Beobachter den Eindruck einer sehr hohen, schmalen Felsmauer. Bemerkte sei noch, daß die Lichtgrenze zur Zeit der Beobachtung über die Krater Aristillus und Alfonsus lief.

Erst am 31. Dezember 1878 konnte Trouvelot den Eudorus wieder beobachten. Die Luft war ausgezeichnet, die Lichtgrenze lag nicht weit vom Aristillus, von der 1877 beobachteten Lichtlinie war aber nicht das Geringste zu sehen; nur hatte es das Aussehen, als lägen am Boden des Kraters Trümmer an der Stelle jener Linie. Am 4. Mai 1881 war im Kraterschatten an der Stelle des westlichen Endes jenes Fadens ein in der Richtung von Nord nach Süd etwas länglicher Punkt sichtbar; am 23. April 1885, als das Innere des Eudorus von der Sonne beschienen wurde, konnte nichts einer Felswand Ähnliches dort wahrgenommen werden, nur im Westen waren einige Felsen und Trümmer auf der geraden Linie sichtbar, die 1877 den Lichtfaden einnahm. Dieser Lichtfaden konnte trotz öfteren Suchens nicht wieder beobachtet werden.

Hohe schmale Felsmauern von großer Längenerstreckung kommen übrigens mehrfach auf dem Monde vor, und merkwürdigerweise befinden sich dieselben, wie auch der Lichtfaden im Eudorus, in der Verlängerung gewisser Rillen, wie Trouvelot an mehreren Beispielen nachweist.

Was jene helle Linie im Eudorus anlangt, so ist sie eine räthselhafte Erscheinung. An eine Täuschung ist bei einem so geübten Beobachter wie Trouvelot schwer zu glauben. Andererseits finden sich, wie Klein bei einer sorgfältigen Durchsicht der betreffenden Publicationen sich überzeugt hat, weder bei Schröter noch bei Rohrmann, Schmidt oder Neison irgend welche Beobachtungen, die auf jene Lichtlinie zu deuten wären; auch Klein selbst hat sie nie beobachtet, während ihm die kleine Auszahnung im westlichen Wall des Eudorus längst bekannt ist.

Julius Schmidt hat in dem Hügelland zwischen den

Ringgebirgen Gambart und Copernicus eine große Menge kleiner schwärzlicher Punkte entdeckt, welche nur bei hoher Beleuchtung sichtbar sind. Ueber ihre physische Beschaffenheit konnte Schmidt nicht zur Klarheit kommen; daß sie keine Schatten sind, geht schon daraus hervor, daß sie erst sichtbar werden, wenn die wahren Schatten verschwinden. Gerade dieser Umstand aber ist es, der, abgesehen von der Kleinheit dieser Gebilde, die Erkennung ihrer wahren Natur am meisten erschwert; denn zur Zeit, wo sie sichtbar werden, ist das umliegende Terrain von wahren Schatten frei, aber von zahllosen Lichtlinien durchzogen und von hellen und dunkeln Flecken dergleichen bedeckt, daß eine Orientirung sehr schwer fällt. Schmidt, der diese Gebilde im Erläuterungsband zu seiner Mondkarte S. 178 bespricht, hat deshalb auch die Orte dieser kleinen Punkte nicht in seine Karte eingetragen, er sagt nur: „die meisten liegen in 15° Länge und 6° Breite.“ Im Januar 1885 ist es nun Klein gelungen, die Orte einiger dieser dunkeln Punkte so genau mit Bezug auf ihre Umgebung zu bestimmen, daß ihre Identifizirung bei hoher Beleuchtung keine Schwierigkeit mehr bot. Aus seinen Beobachtungen zieht Klein den Schluß, daß diese schwarzen Punkte nichts Anderes sind, als kleine und theilweise kleinste Krater, deren innere Vertiefung, stellenweis auch der äußere Rand, mit einer Materie angefüllt ist, die, im Gegensatz zur Farbe aller andern Mondformationen fast schwarz, mindestens sehr dunkel ist. Bei hohem Sonnenstand, wenn die Schatten verschwunden sind, tritt diese dunkle Färbung im Kontrast zur hellen Umgebung recht auffällig hervor, während sie bei schräger Beleuchtung wenig oder gar nicht bemerkbar ist. Außer in den schwarzen Punkten hat Klein die dunkle Materie nur noch in einigen Kratern im Mare Nectaris und im Innern eines sehr kleinen Kraters südöstlich von Thebit gefunden. „Darf man die Dunkelheit dieser jene Krater erfüllenden und theilweise auf den äußeren Abhängen liegenden Materie darauf zurückführen, daß dort erst in neuester Zeit Eruptionen stattgefunden haben?“¹⁾

Mars. — Ueber die Rotationsdauer dieses Planeten liegen zwei von einander unabhängige Bestimmungen vor,

1) Revue d. Fortschritte d. Naturwissenschaften XIV, S. 189—194.

die eine überraschend genaue Uebereinstimmung zeigen, die eine von H. G. van de Sande Bachhuyzen, dem Director der Sternwarte zu Leiden¹⁾, die andere von W. Wislicenus, Assistent an der Sternwarte zu Straßburg.²⁾ Beide Berechner haben das gesammte Material, welches seit den Beobachtungen von Huygens und Hooke vorliegt, für ihren Zweck zu benutzen gesucht, und das Ergebniß ist bei

Bachhuyzen 24^h 37^m 22·66^s \pm 0·0132^s,
 Wislicenus 24 37 22·655 \pm 0·00861.

Zur Vergleichung entnehmen wir der Schrift des Letzteren die folgende Zusammenstellung älterer Bestimmungen derselben Größe:

Berechner	Zeitraum	Rotationszeit
Huygens	1659 Nov. 28 — Dec. 1	24 ^h m s
Cassini	1666 März 3—28	24 40
Salvator Serra	1666	12 20
Maraldi	1704 Oct. 14—17	24 38
Maraldi	1719 Aug. 5 — Oct. 17	24 40
W. Herschel	1777 April 8 — 1779 Juni 19	24 39 21·67
Schroeter	1792 März 19—April 20	24 39 50·2
Huth		24 43
Kunowsky	1821 Dec. — 1822 März	24 36 40
Beer und Mädler	1830 Sept. 10 — Oct. 20	24 37 9·9
" " "	1830 Oct. 20 — 1832 Nov. 17	24 37 23·7
" " "	1830 Oct. 20 — 1835 März 12	24 37 24·0
" " "	1830 Oct. 20 — 1837 März 11	24 37 29·0
Mitchell	1830 Sept. 14 — 1845 Aug. 30	24 37 20·6
Secchi	1856 April 15 — 1858 Juli 14	24 37 35
Johnson	1862—64	24 37 39
R. Wolf	1862—64	24 37 22·9
Linsser	1830 Sept. 14 — 1862 Sept. 21	24 37 22·9
Browning	1867 Febr. 23 — 1867 März 31	24 38 8
Proctor	1666 März 13 — 1864 Nov. 26	24 37 22·745
"	1666 März 13 — 1867 Febr. 23	24 37 22·735
"	1666 März 13 — 1869 Febr. 4	24 37 22·715

1) „Untersuchungen über die Rotationszeit des Planeten Mars und über Aenderungen seiner Flecke“ im VII. Band der Annalen der Sternwarte in Leiden.

2) „Beitrag zur Bestimmung der Rotationszeit des Planeten Mars“. Leipzig, Engelmann 1886.

Berechner	Zeitraum	Rotationszeit
Kaiser	1672 Aug. 13 — 1862 Nov. 1	24 ^h 37 ^m 22.62 s
J. F. J. Schmidt	1672 Aug. 13 — 1856 April 21	24 37 22.603
Lohse	1871 März 2 — April 10	24 37 23.9
Cruls	1877 Aug. 16 — Oct. 3	24 37 34
Marth	1704 Oct. — 1879 Nov.	24 37 22.626

Von diesen zahlreichen Bestimmungen können nur die dritte von Proctor, sowie die von Kaiser, Schmidt und Marth Anspruch auf Genauigkeit erheben. Doch sind auch sie nach Wislicenus nicht einwurfsfrei. Der Werth von Proctor stützt sich nämlich auf zwei Beobachtungen von Hooke und Huygens, die unvereinbar sind, und zwar ist, wie Wislicenus näher begründet, die Hooke'sche Beobachtung zweifelhaft. Proctor hat aber, um die Zeichnungen dieser Beobachter in Einklang zu bringen, bei beiden Fehler angenommen. Kaiser hat sich bei Berechnung der Zwischenzeit um 2 Tage verzählt, wie schon Proctor nachgewiesen. Schmidt hat nur eigene Beobachtungen benutzt; infolge davon gehen die von ihm bei Auffassung der Flecke auf dem Mars begangenen Fehler zu vollem Betrage in das Resultat ein. Der Marth'sche Werth endlich ist wohl mehr zu dem Zwecke abgeleitet worden, die Güte von Maraldi's Beobachtungen im Jahr 1704 zu beweisen, als zur Ermittlung eines endgültigen Werthes für die Rotationszeit des Mars. Im Ganzen ließen die früheren Bestimmungen diese Rotationszeit bis auf 0.1 Secunde unsicher, und dieser Fehler schien größer als es in der Natur der Aufgabe begründet ist. Dazu kam noch, daß früheren Beobachtern, namentlich Kaiser, manche ältere Beobachtungen entweder nicht zugänglich oder entgangen waren, während andererseits die Beobachtungen der Oppositionen des Mars in den Jahren 1877—79 ein ungewöhnlich reichhaltiges Material zu Tage gefördert hatten, so daß sich erwarten ließ, aus ihnen und den alten Zeichnungen der Marsflecke einen zuverlässigen Werth für die Rotationsdauer des Planeten ableiten zu können.

Bachhuyzen hatte übrigens sein Absehen in erster Linie darauf gerichtet, zu untersuchen, ob sich etwa aus den Beobachtungen verschiedener Jahre und Jahrhunderte Verschiebungen der Marsflecke nachweisen lassen, und kommt dabei zu dem

Ergebniß, daß bedeutende Ortsveränderungen nicht erkennbar sind. Dagegen scheinen in der Form einzelner Flecke im Laufe der Zeit bedeutende Veränderungen eingetreten zu sein. Die auffallendste Erscheinung auf der Marsfläche ist immer der sogenannte „Kaiser-See“ Proctor's (Herschel's „Stundenglas-See“, Schiaparelli's „Syrtis major“) gewesen. Es hat aber schon Terby darauf aufmerksam gemacht, daß Wilh. Herschel und Schröter in der Nähe davon einen fast ebenso auffälligen Fleck von ähnlicher Gestalt und Größe aufgezeichnet haben, der nur mit Proctor's „Huggins Inlet“ (dem „Oceanus Cycloppum“ Schiaparelli's) identificirt werden kann, einem schmalen Streifen, der durchaus nicht leicht zu beobachten und an Gestalt dem „Kaiser-See“ ganz unähnlich ist. Bachhuzen hält es auch für erwiesen, daß Schröter zu verschiedenen Malen Schiaparelli's „Mare Laestryonum“, gegenwärtig eins der am schwierigsten erkennbaren Objecte, gesehen hat, was nicht hätte geschehen können, wenn dasselbe damals nicht deutlicher zu erkennen gewesen wäre, als gegenwärtig. Diese Veränderungen verleihen nach Bachhuzen der Ansicht viel Wahrscheinlichkeit, daß gewisse Gegenden der Marsoberfläche mit Wasser bedeckt sind.

Noch mag erwähnt werden, daß die Arbeit von Wislicenus ein sehr vollständiges Verzeichniß der Schriften und Abhandlungen, welche physische Beobachtungen des Mars enthalten, sowie eine Vergleichung der von Proctor, Schiaparelli, Green, Flammarion u. A. aufgestellten Nomenclaturen der Marsflecke enthält.

Planetoiden sind im Jahr 1885 folgende neun entdeckt worden:

- (245) Vera von Pogson in Madras am 6. Februar,
- (246) Asporina von Borrelly in Marseille am 6. März,
- (247) Eukrate von Luther in Düsseldorf am 14. März,
- (248) Lamecia von Palisa in Wien am 5. Juni,
- (249) Ilse von Peters in Clinton am 16. August,
- (250) von Palisa in Wien am 3. September,
- (251) Sophia von demselben am 4. October,
- (252) Clementina von Perrotin in Nizza am 11. Oct.,
- (253) von Palisa in Wien am 12. November.

Von den am Ende vorigen Jahres bekannten 253 Pla-

netoiden sind 177 in Europa, 70 in Amerika und 6 in Asien entdeckt worden. Unter ihnen befinden sich 223, die bereits in zwei oder mehr Erscheinungen beobachtet worden sind.

H. A. Newton hat kürzlich darauf aufmerksam gemacht, daß die Bahnen der kleinen Planeten in einer gewissen Beziehung zur Jupitersbahn stehen müssen.¹⁾ Wenn nämlich die Bahnen der Planetoiden irgend wie liegen, dabei aber kleine Winkel mit der Bahn des Jupiter einschließen, so wird unterm Einfluß der Anziehung des Jupiter der Knotenlinie jeder Bahn eine Bewegung ertheilt, und das Ergebnis wird eine einigermaßen symmetrische Vertheilung der Bahnen zur Jupitersbahn sein. Als Thatsache führt Newton auf, daß der Schwerpunkt der Pole von 251 Planetenbahnen, wenn man ihnen gleiche Gewichte ertheilt, nur 30 Bogenminuten vom Pol des Jupiter entfernt ist, so daß also die mittlere Bahnebene der Planetoiden einen kleineren Winkel mit der Ebene der Jupitersbahn einschließt, als die Bahnebene irgend eines bekannten Planetoiden. Die kleinsten Neigungswinkel sind nämlich 46' bei Medusa und 49' bei Euterpe.

Dr. Müller hat auf dem astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam an sieben Planetoiden größere Reihen von Helligkeitsmessungen ausgeführt.²⁾ Er bediente sich dazu eines Photometers Zöllner'scher Construction, das entweder an einem Steinheil'schen Teleskop von 135 mm Oeffnung oder an einem Grubb'schen Aequatorial von 207 mm Oeffnung angebracht wurde. Im Ganzen scheint sich in den Helligkeitsänderungen ein Einfluß der Phase, also der Größe des uns zugekehrten beleuchteten Theiles der Planetenscheibe, auszusprechen, ohne daß indessen die Helligkeitsänderungen dem Lambert'schen Phasengesetz folgen. Uebrigens verhielten sich nicht alle sieben Planetoiden gleichmäßig. Bei vier derselben, nämlich bei *Vesta* (4), *Iris* (7), *Massalia* (20) und *Amphitrite* (29), sind die Helligkeitsänderungen nur in der Nähe der Opposition merklich, und es zeigen diese Planetoiden in ihrem Verhalten absolute Uebereinstimmung mit dem Planeten *Mars*, so daß man mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen kann, daß die-

1) American Journal of Science, April 1886.

2) Astron. Nachr. Bd. 114, No. 2724—25.

selben eine gleiche oder doch sehr ähnliche Oberflächenbeschaffenheit wie dieser besitzen. „Man wird daher auch bei ihnen eine Atmosphäre ähnlich wie beim Mars voraussetzen dürfen, und bei Berechnung ihrer Durchmesser wird man die für den Mars geltende Albedo (0.2672 nach Zöllner) zur Anwendung bringen müssen“. Bei den drei anderen Planetoiden, nämlich bei Ceres (1), Pallas (2) und Irene (14), bei denen die Resultate etwas weniger sicher zu sein scheinen, gehen die Aenderungen der Helligkeit ziemlich gleichmäßig über den ganzen Verlauf der Phasenänderung vor sich und es läßt sich eine gewisse Aehnlichkeit der Lichtcurven mit der für den Mond bestimmten erkennen; noch besser scheint ihr Verhalten übereinzustimmen mit dem des Mercur. Ob man nun hiernach berechtigt sein dürfte, für die Planetoiden Ceres, Pallas und Irene dieselbe Beschaffenheit vorauszusetzen, wie für den Mercur, wagt Müller nicht zu entscheiden; jedenfalls aber hält er es für erlaubt, als Albedo für diese Himmelskörper die von Zöllner für den Mercur bestimmte zu benutzen, die übrigens fast vollkommen mit der Albedo des Mondes übereinstimmt.

Jupiter. — Der im Jahre 1878 von Niesten entdeckte rothe Fleck südlich vom Aequatorstreifen des Planeten, dessen Verschwinden schon vor einigen Jahren mehrfach behauptet wurde, ist auch noch fernerhin sichtbar geblieben, und aus den auf der Sternwarte von Chicago von 1879 bis 1884 angestellten Beobachtungen geht hervor, daß derselbe in diesem Zeitraum Lage, Gestalt und Größe im Wesentlichen ungeändert bewahrt hat. Nur die Helligkeit hatte sich zur Zeit der Opposition im Frühjahr 1883 merklich vermindert, und daher rührte auch die Vermuthung, daß dieses Object im Verschwinden begriffen sei. Außerdem hat der Fleck in der Zeit von 1879 bis 1883 eine schwache rückläufige Bewegung in der Länge gezeigt, so daß seine Rotationszeit von 9 Std., 55 Min., 34.0 Sec., im Jahr 1879 bis auf 9 Std., 55 Min., 38.4 Sec. im Jahr 1883 zunahm. Seitdem hörte diese Bewegung fast ganz auf, und die durchschnittliche Rotationsdauer vom 12. September 1883 bis 11. Juni 1884, eine Zeit von 660 Perioden, ist 9 Std., 55 Min., 38.5 Sec. Die Längenausdehnung dieses Fleckes betrug 1879: 12.25'', 1880: 11.55'',

1881: 11·30'', 1882: 11·83'', 1883: 12·29'', die Breite ungefähr 3·3''. Von 1879 bis 1883 hatte er sich ein wenig nach Süden verschoben, 1884 scheint er wieder um 1'', d. i. um etwa 3700 km nach Norden gerückt zu sein.

Denning in Bristol fand den rothen Fleck am 25. October 1885 deutlicher erkennbar als am 8. Juli und er hatte den Eindruck, als werde dieses nun schon sieben Jahre lang sichtbare auffällige Object noch eine lange Dauer haben.¹⁾

Eine eigenthümliche Erscheinung hat Young in Princeton an dem rothen Fleck beobachtet.²⁾ Der mittlere Theil desselben schien ihm nämlich bedeckt durch eine weiße Wolke von ovaler Gestalt, so daß rings um dieselbe nur ein rother Saum von ein bis anderthalb Bogensekunden Breite sichtbar blieb, der indessen nur bei vorzüglicher Luftbeschaffenheit mit den stärksten Vergrößerungen (950 bis 1200 fach) zu erkennen war. Die Wolke war nicht glänzend und von derselben Farbe wie der Streifen, in dem der rothe Fleck liegt. Young sah dieselbe zuerst am 23. März 1885 mit dem 23 zölligen Refractor der Sternwarte in Princeton, dann wieder am 25. und 26. März, an letzterem Tage auch, wiewohl sehr schwierig, mit einem 9½ zölligen Refractor.

An dem großen Aequatorialstreifen des Jupiter haben die Beobachtungen in Chicago eine zunehmende Drift im Sinne der Breite ergeben; man fand nämlich

die Breite des	1879	1880	1881	1882	1883
Nord = Randes	+ 2·59''	2·33''	+ 2·16''	+ 2·44''	+ 2·88''
Süd = Randes	— 4·18	— 4·71	— 4·75	— 6·36	— 5·80

Die Verschiebung war hiernach am stärksten am Südrande des Streifens.

Am vierten Jupitersmond hat Burckhalter eine Beobachtung gemacht³⁾, die ihn auf den Gedanken brachte, daß möglicherweise ein Theil der Oberfläche dieses Satelliten hell, der andere dunkler gefärbt ist. Als derselbe nämlich am 21. Mai 1885 mit einem 10½ zölligen Spiegelteleskop einen Vorübergang dieses Mondes vor dem Jupiter beobachtete, erschien derselbe bei seiner Annäherung an den Planeten hell,

1) Nature XXXII, p. 626.

2) Observatory No. 97.

3) Nature XXXIII, p. 466.

als er aber ein Stück auf der Planetenscheibe vorgerückt war, hatte er ein dunkles Aussehen, und Burdhalter meint, daß hier die weiße Fläche in der überwiegenden Helligkeit des Planeten verschwunden und die dunkle sichtbar geworden sei. Professor Davidson, welcher der Californischen Akademie der Wissenschaften von dieser Beobachtung Mittheilung machte, glaubt sogar, daß es möglich sein werde, die Rotationszeit des Satelliten in der Weise zu ermitteln, daß man während der ganzen Dauer des Vorüberganges die Phasen desselben genau beobachtet. Bei einem spätern Durchgange am 7. Juni, erblickte Burdhalter den vierten Mond als dunkeln Fleck am Rande des nördlichen dunkeln Jupiterstreifens; sobald aber der Mond aus dem Jupiter austrat, erschien er nördlich von diesem Streifen, so daß es das Ansehen hatte, als sei die nördliche Hälfte des Mondes hell, die südliche dunkel. Davidson, der den Durchgang am 7. Juni durch einen 6·4 zölligen Refractor beobachtete, bestätigt in der Hauptsache die Angaben Burdhalter's.

Saturnusmonde. — Auf Grund der in Toulouse vom Juli 1876 bis Anfang des Jahres 1883 angestellten Beobachtungen hat Baillaud für die fünf innern Monde des Saturn folgende Umlaufzeiten berechnet:

	Std.	Min.	Sec.
Mimas	22	37	5·39
Enceladus . . .	32	53	6·88
Tethys	45	18	26·1
Dione	65	41	9·4
Rhea	108	26	12·1

Monde des Uranus. — Unter den ersten Objecten, die mit dem 26-zölligen Clark'schen Refractor in Washington bald nach seiner Montirung im November 1873 beobachtet wurden, befanden sich auch die Monde des Uranus, und aus den während der Oppositionen des Planeten 1874 und 1875 gewonnenen Betrachtungsreihen hat nachher Newcomb die Masse des Uranus abgeleitet und Tafeln für die Bewegung der Monde berechnet (vgl. dieses Jahrbuch XII, S. 19). Da im Jahr 1882 die Erde sich nahe in der Bahnebene befand und die Beobachtungen eine gute Bestimmung dieser Ebene versprachen, so begann Hall die Beobachtungen im März 1881

aufs Neue und setzte sie durch vier Oppositionen bis Ende Mai 1884 fort. Diese speciell auf die beiden äußern Monde, Titania und Oberon, gerichteten Beobachtungen wurden mit 606- und 888-facher Vergrößerung ausgeführt, und bei günstigen atmosphärischen Bedingungen waren diese beiden Monde leicht erkennbar. Die Beobachtungen zeigen im Allgemeinen eine gute Uebereinstimmung mit den Newcomb'schen Tafeln, an denen sich nur geringe Verbesserungen nöthig machen. Jene Tafeln stützen sich übrigens hauptsächlich auf Newcomb's eigene Messungen, und Hall hat die seinigen aus den Jahren 1875 und 1876 bei der Discussion der neuen Beobachtungen berücksichtigt, die im Anhang zu den Washingtoner Beobachtungen 1881 veröffentlicht sind. Für die Länge des aufsteigenden Knotens der Bahnen findet Hall

$$165.81^{\circ} + 0.0142^{\circ} \cdot t$$

und für die Neigung derselben gegen die Ekliptik

$$75.30^{\circ} - 0.0014^{\circ} \cdot t,$$

wobei t die Anzahl der Jahre seit 1883.0 bedeutet. Die Bahnen scheinen bei beiden Monden wesentlich kreisförmig zu sein.

Für die Masse des Uranus ergibt sich aus den Beobachtungen des Oberon $\frac{1}{22603}$ und aus denen der Titania $\frac{1}{22833}$, aus beiden zusammen $\frac{1}{22682}$ der Sonnenmasse, was nur wenig von dem Newcomb'schen Werth $\frac{1}{22600}$ abweicht.

Uebrigens konnte trotz sorgfältigen Suchens und besonders günstiger Verhältnisse außer den bekannten vier Monden kein weiterer Mond des Uranus entdeckt werden.

Der Mond des Neptun. — Durch Discussion der eigenen Beobachtungen während der Oppositionen von 1875 und 1876, sowie von 1881 bis 1884, und unter Berücksichtigung der von Holden in der Zeit vom December 1874 bis November 1878, sowie der von Lassell und Marth 1863 und 1864 ausgeführten Messungen, findet Hall für den Knoten der Bahn des Neptun-Satelliten

$$184.32^{\circ} + 0.0095^{\circ} \cdot t$$

und für deren Neigung

$$120.05^{\circ} + 0.0005^{\circ} \cdot t,$$

unter t die Zahl der Jahre seit 1883.0 verstanden. Durch

Vergleichung der Beobachtungen von 1881 bis 84 mit denen von Lassell und Marth ergibt sich für die Umlaufszeit des Mondes der Werth von

5.876 839 mittleren Sonnentagen.

Der von Newcomb in seinen Tafeln benutzte Hind'sche Werth 5.8769 weicht davon so wenig ab, daß der Unterschied in hundert Jahren bloß eine Veränderung um 5^0 in der Stellung des Satelliten in seiner Bahn bewirken würde.

Was die Masse des Neptun anbelangt, so findet Hall aus seinen eigenen Beobachtungen, die sich im Allgemeinen auf kürzere Distanzen beziehen als die anderer Beobachter, $\frac{1}{19092}$, was dem Newcomb'schen Werthe $\frac{1}{19380}$ ziemlich nahe kommt. Die Beobachtungen von Lassell und Marth, sowie die von Holden führen auf merklich andere Werthe.

Ein zweiter Neptunus-Mond war nicht aufzufinden.

Transneptunischer Planet. — Systematische Nachforschungen nach einem solchen sind allerdings erfolglos, angestellt worden von David P. Todd auf der Lawrence-Sternwarte zu Amherst in Massachusetts.¹⁾

Kometen.

Komet I ist der bekannte Ende'sche Komet, der am 13. December 1884 von Tempel in Arcetri, an dem der Backlund'schen Bahnberechnung entsprechenden Orte aufgefunden wurde. Er hatte damals das Aussehen eines schwachen nebeligen Scheines ohne hellere Mitte. Erst anfangs Februar wurde ein nicht ganz in der Mitte liegender Kern wahrnehmbar, ähnlich wie bei der Erscheinung im Jahr 1881, und Mitte Februar zeigte sich eine schwache Schweifspur. Auch hatte der Komet damals ein helles Bandenspectrum, während das continuirliche Spectrum des Kernes mit Mühe erkennbar war. Die letzte Beobachtung des Kometen scheint am 25. Februar in Plonsk angestellt zu sein; sein Perihel erreichte derselbe erst am 7. März. Uebrigens schließen sich die Beobachtungen gut an die Backlund'sche Vorausberechnung an, und es findet dadurch die vermuthete Verminderung der

1) Ausführliche Beschreibung in den Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2698, S. 153, sowie in Nature XXXIII, p. 258.

Zunahme der mittleren Bewegung dieses Kometen eine Bestätigung.

Komet II wurde in der Nacht des 7. Juli von E. E. Barnard in Nashville, Tennessee, im Sternbild der Jungfrau (Rectasc. $215^{\circ} 21'$, Declin. $- 4^{\circ} 57'$) in der Nähe eines schwachen Nebels entdeckt und konnte bis Mitte August als ein äußerst schwacher Nebel mit centraler Verdichtung beobachtet werden. Bei der Unsicherheit der einzelnen Beobachtungen ist es nicht entschieden, ob die Bahn wirklich elliptisch ist, wie Lamp berechnet hat¹⁾, oder parabolisch. Die elliptischen Elemente sind:

$$\begin{aligned} T &= 1885 \text{ Aug. } 7.04274 \text{ mittl. Berl. Zeit} \\ \pi &= 271^{\circ} 18' 15.2'' \\ \Omega &= 92 \quad 20 \quad 3.5 \\ i &= 80 \quad 27 \quad 35.4 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} T \\ \pi \\ \Omega \\ i \end{aligned}} \right\} \text{ mittl. Aeq. } 1885.0$$

$$e = 0.99412$$

$$a = 422.12$$

Die Umlaufszeit in dieser Ellipse würde ungefähr 8700 Jahr betragen. Bemerkenswerth ist der Komet durch die bedeutende Größe seiner Periheldistanz, 2.46 Erdbahnhalbmesser; er wird in dieser Hinsicht nur von dem Kometen von 1729 übertroffen, dessen Periheldistanz einer neueren Berechnung von Hind zufolge 4.05 Erdbahnhalbmesser beträgt (vgl. dieses Jahrb. XXI, S. 59).

Komet III, von W. R. Brooks in Phelps, New-York, als ein Nebel von zwei Bogenminuten Durchmesser, am 31. August in den Jagdhunden (Rectasc. $205^{\circ} 30'$, Declin. $+ 36^{\circ} 37'$) entdeckt, war bis Mitte des September zu beobachten. Oppenheim hat für ihn die folgenden parabolischen Elemente berechnet:²⁾

$$\begin{aligned} T &= 1885 \text{ Aug. } 10.70847 \text{ mittl. Berl. Zeit.} \\ \pi &= 248^{\circ} 27' 39'' \\ \Omega &= 204 \quad 23 \quad 25 \\ i &= 59 \quad 15 \quad 52 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} T \\ \pi \\ \Omega \\ i \end{aligned}} \right\} \text{ mittl. Aeq. } 1885.0$$

$$q = 0.75676$$

1) Astron. Nachr. Bd. 112, Nr. 2679, S. 263; parabolische Elemente gaben Oppenheim, Holetschek, Hall, Egbert in Nr. 2679, S. 261 u. 262, Nr. 2681, S. 291, Nr. 2686, S. 373.

2) Astron. Nachr. Bd. 112, Nr. 2683, S. 327; andere Elemente gaben Holetschek Nr. 2681, S. 293, Lamp Nr. 2682, S. 311.

Komet IV ist der nach Tuttle benannte, der zuerst 1790 von Méchain, dann am 5. September 1885 von Tuttle in Cambridge, Massachusetts und bald darauf von Bruhns in Berlin entdeckt wurde. Letzterer berechnete eine elliptische Bahn mit $13\frac{3}{4}$ Jahr Umlaufszeit, welche durch die Wiederkehr des Kometen im Jahr 1871 bestätigt wurde (vgl. dieses Jahrb. VIII, S. 15). Für die vorjährige Wiederkehr hatte Rahts folgende osculirende Elemente berechnet: 1)

$$\begin{array}{l} \text{Osculation und Epoche 1885 Juli 11.0} \\ M = 355^{\circ} 32' 46.00'' \\ \pi = 116 \quad 28 \quad 58.79 \\ \Omega = 269 \quad 42 \quad 1.46 \\ i = 54 \quad 19 \quad 45.45 \\ e = 0.8215436 \\ a = 5.742276 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} M \\ \pi \\ \Omega \\ i \\ e \\ a \end{array}} \right\} \text{mittl. Aeq. 1890.0}$$

Der Komet wurde von Perrotin und Charlois in Nizza am 8. August in den Zwillingen (Rectasc. $110^{\circ} 56'$, Declin. $28^{\circ} 1'$) entdeckt und hier bis zum 22. August beobachtet. 2) Wegen seiner geringen Helligkeit und seines tiefen Standes war er nur schwer zu beobachten, und man scheint ihn auch sonst auf keiner europäischen Sternwarte gesehen zu haben. Er erschien als ein weißer Fleck von etwa 2 Bogenminuten Durchmesser ohne merkliche Verdichtung; bei günstigen atmosphärischen Bedingungen schien am 10. eine Verlängerung in Richtung des Meridians erkennbar zu sein. In Amerika wurde er von Swift am 13. August zuerst gesehen, der ihn als „mäßig hell auf dunklem Himmelsgrund mit starker centraler Verdichtung“ beschreibt.

Komet V, von Brooks in Phelps, New-York, am 26. December als ein kleiner kreisförmiger Nebel von 3 Bogenminuten Durchmesser mit excentrischer Verdichtung im Sternbild des Adlers und einen Tag später auch von Barnard in Nashville entdeckt. Er blieb als ein sehr schwaches teleskopisches Object noch während des Januar 1886 erkennbar. Aus

1) Astron. Nachr. Bd. 112, Nr. 2674, S. 159; Bd. 113, Nr. 2699 u. 2700, S. 169—206.

2) Astron. Nachr. Bd. 112, Nr. 2679, S. 263; Bd. 113, Nr. 2690, S. 29.

Beobachtungen vom 28. December, 1., 7. und 22. Januar hat Dypenheim die folgenden Elemente berechnet: ¹⁾

$$T = 1885 \text{ Nov. } 25 \cdot 49 \cdot 680 \text{ mittl. Berl. Zeit.}$$

$$\left. \begin{array}{l} \pi = 297^{\circ} 44' 0 \cdot 0'' \\ \Omega = 262 \quad 10 \quad 17 \cdot 4 \\ i = 42 \quad 26 \quad 28 \cdot 8 \end{array} \right\} 1886 \cdot 0$$

$$q = 1 \cdot 07881$$

Ferner wurden rasch hinter einander noch in den ersten Tagen des December zwei Kometen entdeckt, die aber beide erst im Jahr 1886 ihr Perihel erreichten:

Komet 1886 I, entdeckt von Fabry in Paris am 1. December in der Andromeda (Rectasc. $9^{\circ} 48'$, Declin. $+ 21^{\circ} 2'$) als schwacher rundlicher Nebel mit deutlichem Kern.

Komet 1886 II, entdeckt von Barnard in Nashville in Tennessee am 3. December im Stier (Rectasc. $65^{\circ} 29'$, Declin. $+ 4^{\circ} 45'$), ebenfalls ein schwaches Object.

Die Bahnberechnungen, welche sich auf die ersten Beobachtungen gründeten, erweckten die Erwartung, daß beide Kometen in der zweiten Hälfte des April und der ersten des Mai nicht bloß dem unbewaffneten Auge sichtbar sein, sondern sogar sehr glänzende Erscheinungen darbieten würden, was sich allerdings nicht vollständig bestätigt hat. Näheres im nächsten Jahrg. dieses Jahrbuches.

Komet 1881 VIII. Für diesen am 16. November 1881 von Swift in Rochester entdeckten teleskopischen Kometen, der das Aussehen einer bleichen, im Centrum helleren Nebelmasse von 2 (nach Schmidt) bis 4 Bogenminuten (nach Winnecke) Durchmesser hatte, am 19. November durch sein Perihel und am 22. durch den Knoten ging und bis 12. Januar 1882 beobachtet, aber nicht spectroscopisch untersucht wurde, hat Dypolzer eine definitive Bahn zu bestimmen versucht ²⁾. Er fand dabei für die

wahrscheinlichste Parabel

$$T = 1881 \text{ Nov. } 19 \cdot 752 \cdot 130 \text{ mittl. Berl. Zeit. } q = 1 \cdot 926 \cdot 127 \text{ m. B. Z.}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Omega = 181^{\circ} 21' 7 \cdot 00'' \\ \pi = 299 \quad 15 \quad 43 \cdot 09 \\ i = 144 \quad 48 \quad 26 \cdot 43 \end{array} \right\} 1881 \cdot 0$$

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2710, S. 367. Andere Elemente giebt Müller das. Nr. 2712, S. 389.

2) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2692, S. 49.

wahrscheinlichste Ellipse	
T = 1881 Nov. 19.778 979	q = 1.924 973
$\Omega = 181^\circ 22' 49.73$	e = 0.990 169
$\pi = 299 \ 19 \ 58.52$	a = 195.803
i = 144 49 1.11	
Umlaufszeit	2740 Jahr.

Eine sichere Bahnberechnung erscheint nicht möglich.

Das nachfolgende

Verzeichniß berechneter Kometenbahnen stützt sich auf den ursprünglich von Olbers, später von Galle veröffentlichten Katalog, zu dem Galle in Nr. 2665—66, Bd. 112, und Nr. 2692, Bd. 113, der Astron. Nachr. Nachträge veröffentlicht hat, sowie auf das Tableau des comètes apparues de 1861 à 1885 und Tableau des comètes apparues de 1855 à 1884 im Annuaire du Bureau des longitudes 1885 und 1886. Die Kometen sind nach der Zeit ihres Durchgangs durch das Perihel mit fortlaufenden Nummern versehen; eine eingeklammerte Nummer bedeutet die spätere Erscheinung eines schon früher unter dieser Nummer aufgeführten Kometen. Die Bedeutung der einzelnen Columnen ist in der Ueberschrift angegeben. Es ist dabei die ältere Unterscheidung zwischen rechtläufiger oder directer Bewegung (D) und rückläufiger oder retrograder (R) beibehalten, der Neigungswinkel i also bloß von 0° bis 90° gerechnet worden. In der neueren Zeit macht man vielfach diese Unterscheidung nicht mehr, sondern zählt die Neigungswinkel von 0° bis 180° . Sind i' und π' die Werthe, welche bei einem Kometen mit retrograder Bewegung der Neigungswinkel und die Länge des Perihels nach der neueren Bezeichnungsweise haben, so findet man dieselben aus den in der Tabelle verzeichneten Größen i und π mittels der Formeln

$$i' = 180^\circ - i, \quad \pi' = 2\Omega - \pi.$$

Sternschnuppen und Feuerkugeln.

Die Sternschnuppen des Biela'schen Kometen. Einen Sternschnuppenregen von seltener Pracht, an Häufigkeit der Meteore noch den desselben Tages im Jahre 1872 übertreffend, brachte uns der 27. November vorigen Jahres. Derselbe kam nicht unerwartet, vielmehr war von mehreren Seiten im Voraus auf ihn aufmerksam gemacht worden, so von Dr. Zenker in den „Photographischen Mittheilungen“ Nr. 307

Verzeichniß berechneter

Nr.	Durchgang durch das Perihel		Länge des	
	Jahr	T mittlere Zeit Paris	Perihels π	aufft. Knotens Ω
1	372 v. Ch.	Winter	150°—210°	270°—330°
1a	137	April 29.	230°	220°
1b	69	Juli	315	165
1c	12	Oct. 8. 19 ^h 19 ^m	280	28
1d	66 n. Ch.	Jan. 14. 5 0	325 0'	32 40'
1e	141	März 29. 2 33	251 55	12 50
1f	240	Nov. 10. 0 0	271 0	189 0
2	539	Oct. 20. 15 0	313 30	58° od. 238°
3	565	Juli 14. 12 0	80 0	159° 30
4	568	Aug. 29. 7 55	318 35	294 15
5	574	April 7. 6 53	143 39	128 17
6	770	Juni 6. 15 31	2 8	88 54
7	837	März 1. 0 0	289 3	206 33
8	961	Dec. 30. 4 0	268 3	350 35
9	989	Sept. 17. 0 0	264 0	84 0
10	1066	April 1. 0 0	264 55	25 50
10a	1092	Febr. 15. 0 0	156 20	125 40
11	1097	Sept. 21. 21 36	332 30	207 30
12	1231	Jan. 30. 7 22	134 48	13 30
13	1264	Juli 19. 19 12	300 29	140 55
14	1299	März 31. 7 38	3 20	107 8
15	1301	Oct. 24. 0 0	312 0	138 0
16	1337	Juni 15. 1 55	2 20	93 1
17	1351	Nov. 26. 12 0	69 0	unbestimmt
18	1362	März 2. 8 0	227 0	237° 0'
18a	1366	Oct. 13. 0 0	66 0	212 0
19	1378	Nov. 8. 12 29	299 31	47 17
20	1385	Oct. 16. 6 24	101 47	268 31
21	1433	Nov. 7. 18 38	267 1	96 20
21b	1449	Dec. 9. 9 0	264 26	261 18
(19)	1456	Juni 8. 5 1	298 57	43 56
21c	1457	Jan. 17. 23 40	84 34	249 39
21a	1457	Aug. 8. 0 10	9 32	184 24
22	1468	Oct. 7. 9 59	356 3	61 15
23	1472	Febr. 28. 5 23	48 3	207 32
24	1490	Dec. 24. 11 26	58 40	288 45
24a	1491	Jan. 4. 21 45	113 0	168 0
24b	1499	Sept. 6. 4 29	0 0	326 30
24c	1500	Mai 17.	290	310
25	1506	Sept. 3. 16 2	250 37	132 50
(19)	1531	Aug. 25. 19 10	301 12	45 30

Kometenbahnen.

Neigung i	Perihel- Distanz q	Excen- tricität e	Gr. Halb- achse a	Um- laufzeit Jahr	Bewe- gung	Berechner
über 30°	klein	—	—	—	R	Pingré
20°	1.010	—	—	—	R	Pierce
70	0.79	—	—	—	D	Pierce
10	0.583	—	—	—	R	Hind
40° 30'	0.445	—	—	—	R	Hind
17 0	0.720	—	—	—	R	Hind
44 0	0.372	—	—	—	D	Burchardt
10 0	0.3412	—	—	—	D	Burchardt
59 0	0.832	—	—	—	R	Burchardt
4 8	0.9074	—	—	—	D	Laugier
46 31	0.9630	—	—	—	D	Hind
59 31	0.6027	—	—	—	R	Hind
10° od. 12°	0.5800	—	—	—	R	Pingré
79° 33'	0.5518	—	—	—	R	Hind
17 0	0.5683	—	—	—	R	Burchardt
17 0	0.720	—	—	—	R	Hind
28 55	0.9281	—	—	—	D	Hind
73 30	0.7384	—	—	—	D	Burchardt
6 5	0.9478	—	—	—	D	Pingré
16 29	0.825	—	—	—	D	Hoef
68 57	0.3179	—	—	—	R	Pingré
13 0	0.640	—	—	—	R	Laugier
40 28	0.8282	—	—	—	R	Laugier
unbestimmt	1.00	—	—	—	D	Burchardt
32° 0'	0.4700	—	—	—	R	Burchardt
6 0	0.9581	—	—	—	?	Pierce
17 56	0.5835	—	—	—	R	Laugier
52 15	0.7737	—	—	—	R	Hind
76 0	0.4928	—	—	—	R	Celoria
24 20	0.3274	—	—	—	R	Celoria
17 37	0.5802	0.9678	17.97	76.2	R	Celoria
13 16	0.7034	—	—	—	D	Celoria
9 52	0.7604	—	—	—	D	Celoria
44 19	0.8533	—	—	—	R	Laugier
1 55	0.5646	—	—	—	R	Laugier
51 37	0.7376	—	—	—	D	Hind
75 0	0.755	—	—	—	R	Pierce
21 0	0.9539	—	—	—	D	Hind
75	1.4	—	—	—	R	Hind
45 1	0.3860	—	—	—	R	Laugier
17 0	0.5799	0.9674	17.748	75.0	R	Halley

Nr.	Durchgang durch das Perihel			Länge des	
	Jahr	T mittlere Zeit	Paris	Perihels π	aufft. Knotens Ω
26	1532	Oct. 18.	8 ^h 8 ^m	111° 48'	87° 23'
27	1533	Juni 14.	21 21	217 40	299 19
27a	1556	April 22.	4 35	276 6	175 14
28	1558	Sept. 13.	13 13	215 26	335 3
29	1577	Oct. 26.	22 54	129 42	25 20
30	1580	Nov. 58.	11 59	108 27	19 7
31	1582	Mai 6.	10 1	256 15	229 18
32	1585	Oct. 8.	0 47	9 8	37 44
33	1590	Febr. 8.	0 48	217 57	165 37
34	1593	Juli 18.	13 48	176 19	164 15
35	1596	Juli 25.	5 18	270 55	330 21
(19)	1607	Oct. 26.	17 20	301 38	48 40
36	1618	Aug. 17.	3 12	318 20	293 25
37	1618	Nov. 8.	8 34	3 5	75 44
38	1652	Nov. 12.	15 50	28 19	88 10
39	1661	Jan. 26.	21 18	115 16	81 54
40	1664	Dec. 4.	11 45	130 43	81 16
41	1665	April. 24.	5 25	71 54	228 2
42	1668	Febr. 28.	19 21	277 2	357 17
43	1672	März 1.	8 47	46 59	297 30
44	1677	Mai 6.	0 47	137 37	236 49
45	1678	Aug. 18.	17 43	322 48	163 20
46	1680	Dec. 17.	23 55	262 49	272 9
(19)	1682	Sept. 14.	19 14	301 56	51 11
47	1683	Juli 13.	2 20	85 36	173 25
48	1684	Juni 8.	6 28	238 31	268 11
49	1686	Sept. 16.	14 43	77 0	350 35
50	1689	Nov. 29.	4 57	269 41	90 25
51	1695	Nov. 9.	17 0	60	216
52	1698	Oct. 18.	17 7	270 51	267 44
53	1699	Jan. 13.	8 32	212 31	321 46
54	1701	Oct. 17.	10 0	133 41	298 41
55	1702	März 13.	14 43	138 47	188 59
56	1706	Jan. 30.	5 6	72 36	13 11
57	1707	Dec. 11.	23 39	79 55	52 47
58	1718	Jan 14.	21 54	121 40	127 55
59	1723	Sept. 27.	15 13	42 53	14 14
60	1729	Juni 16.	3 42	321 3	310 37
61	1737	Jan. 30.	8 30	325 55	226 22
62	1737	Juni 2.	5 41	261 58	132 5
63	1739	Juni 17.	10 9	102 39	207 45
64	1742	Febr. 8.	15 1	216 39	185 9
65	1743	Jan. 10.	20 30	92 58	67 32
66	1743	Sept. 20.	21 26	246 34	5 16

Neigung i	Perihel= Distanz q	Excen= tricität e	Gr. Halb= achse a	Um= laufzeit Fabr	Bewe= gung	Berechner
32° 36'	0.5192	—	—	—	D	Olbers
28 14	0.3269	—	—	—	D	Olbers
32 26	0.4908	—	—	—	D	Hoef
69 7	0.2806	—	—	—	R	Hoef
75 10	0.1775	—	—	—	R	Woldstedt
64 34	0.6024	—	—	—	D	Schjellerup
60 47	0.1683	—	—	—	R	D'Arrest
6 6	1.0948	—	—	—	D	C. A. F. Peters
29 30	0.5677	—	—	—	R	Hind
87 58	0.0891	—	—	—	D	Lacaille
51 58	0.5672	—	—	—	R	Hind
17 12	0.5880	—	—	—	R	Bessel
21 28	0.5129	—	—	—	D	Pingré
37 12	0.3895	—	—	—	D	Bessel
79 28	0.8475	—	—	—	D	Halley
33 1	0.4427	—	—	—	D	Méchain
21 18	1.0255	—	—	—	R	Lindeloef
76 5	0.1065	—	—	—	R	Halley
35 58	0.0048	—	—	—	R	Henderson
83 22	0.6974	—	—	—	D	Halley
79 3	0.2806	—	—	—	R	Halley
2 52	1.1454	0.6270	3.070	5.38	D	Le Verrier
60 40	0.0062	0.9999	426.68	8810	D	Encke
17 45	0.5829	0.9679	18.170	77.5	R	Rosenberger
83 13	0.5596	—	—	—	R	Plummer
65 25	0.9582	—	—	—	D	Neugebauer
31 22	0.3250	—	—	—	D	Halley
59 5	0.0189	—	—	—	R	Bogel
22	0.8436	—	—	—	D	Burkhardt
11 46	0.6913	—	—	—	R	Halley
69 20	0.7440	—	—	—	R	Lacaille
41 39	0.5926	—	—	—	R	Burkhardt
4 25	0.6468	—	—	—	D	Burkhardt
55 14	0.4269	—	—	—	D	Struyck
88 36	0.8597	—	—	—	D	Lacaille
31 8	1.0254	—	—	—	R	Argelander
50 0	0.9988	—	—	—	R	Spörer
77 4	4.0505	—	—	—	D	Hind
18 21	0.2228	—	—	—	D	Bradley
61 52	0.8348	—	—	—	D	Hind
55 43	0.6736	—	—	—	R	Lacaille
67 32	0.7700	—	—	—	R	Barter
2 16	0.8382	—	—	—	D	Olbers
45 48	0.5216	—	—	—	R	Klutenberg

Nr.	Durchgang durch das Perihel		Länge des		
	Jahr	T mittlere Zeit Paris	Perihels π	aufft. Knotens Ω	
67	1744	März 1.	8 ^h 19 ^m	197° 12'	45° 45'
68	1747	März 3.	7 20	277 2	147 19
69	1748	April 28.	18 53	215 23	232 52
70	1748	Juni 18.	21 27	278 47	33 8
71	1757	Oct. 21.	9 23	122 36	214 7
72	1758	Juni 11.	3 27	267 38	230 50
(19)	1759	März 12.	13 24	303 10	53 50
73	1759	Nov. 27.	2 28	53 24	139 39
74	1759	Dec. 16.	12 58	139 4	79 20
75	1762	Mai 28.	8 11	104 2	348 33
76	1763	Nov. 1.	21 4	84 57	356 18
77	1764	Febr. 12.	13 52	15 15	120 5
78	1766	Febr. 17.	8 50	143 15	244 11
79	1766	April 26.	23 53	251 13	74 11
80	1769	Oct. 7.	15 3	144 11	175 4
81	1770	Aug. 13.	12 48	256 16	131 59
82	1770	Nov. 22.	5 48	208 23	108 42
83	1771	April 19.	3 24	104 1	27 53
84	1772	Febr. 8.	1 0	97 21	263 24
85	1773	Sept. 5.	14 43	75 11	121 5
86	1774	Aug. 15.	20 5	317 28	180 45
87	1779	Jan. 7.	2 14	87 14	25 4
88	1780	Sept. 30.	18 13	246 21	124 9
89	1780	Nov. 28.	20 30	246 52	141 1
90	1781	Juli 7.	4 41	239 11	83 1
91	1781	Nov. 29.	12 43	16 3	77 23
92	1783	Nov. 19.	22 29	50 17	55 40
93	1784	Jan. 21.	4 57	80 44	56 49
94	1785	Jan. 27.	7 58	109 52	264 12
95	1785	April 8.	10 6	297 31	64 41
96	1786	Jan. 30.	21 7	156 38	334 8
97	1786	Juli 8.	13 47	158 38	195 24
98	1787	Mai 10.	19 58	7 44	106 52
99	1788	Nov. 10.	7 35	99 8	156 57
100	1788	Nov. 20.	7 25	22 50	352 24
101	1790	Jan. 16.	19 7	58 25	172 50
102	1790	Jan. 28.	7 45	111 45	267 9
103	1790	Mai 20.	11 30	274 57	35 14
104	1792	Jan. 13.	13 0	36 21	190 42
105	1792	Dec. 27.	7 56	135 53	283 15
106	1793	Nov. 4.	20 21	128 42	108 29
107	1793	Nov. 19.	12 7	71 37	2 17
(96)	1795	Dec. 21.	10 44	156 41	334 39
108	1796	April 2.	19 57	192 44	17 2

Neigung i	Perihel- distanz q	Excen- tricität e	Gr. Halb- achse a	Umlaufs- zeit Jahr	Bewe- gung	Berechner
47° 7'	0.2222	—	—	—	D	Plummer
76 6	2.1985	—	—	—	R	Lacaille
85 28	0.8404	—	—	—	R	Lemonnier
67 3	0.6254	—	—	—	D	Bessel
12 41	0.3393	—	—	—	D	Dr. Ratte
68 19	0.2153	—	—	—	D	Pingré
17 37	0.5845	0.9677	18.088	76.9	R	Rosenberger
78 59	0.7985	—	—	—	D	Chappe
4 42	0.7617	—	—	—	R	Chappe
85 38	1.0090	—	—	—	D	Burckhardt
72 34	0.4983	0.9954	108.96	1137	D	Lexell
52 54	0.5552	—	—	—	R	Pingré
40 50	0.5053	—	—	—	R	Pingré
8 2	0.3990	0.8640	2.934	5.025	D	Burckhardt
40 46	0.1228	0.9992	63.46	2090	D	Bessel
1 35	0.6743	0.7868	3.163	5.626	D	Le Verrier
31 26	0.5282	—	—	—	R	Pingré
11 16	0.9018	—	—	—	D	Kreuz
17 39	0.9118	0.6769	2.822	4.741	D	Gauß
61 14	1.1269	—	—	—	D	Burckhardt
83 20	1.4329	1.0283	—	—	D	Burckhardt
32 31	0.7132	—	—	—	D	Zach
53 48	0.0993	—	—	—	R	Méchain
72 3	0.5153	—	—	—	R	Olbers
81 43	0.7758	—	—	—	D	Méchain
27 12	0.9610	—	—	—	R	Legendre
45 7	1.4593	0.5525	3.260	5.888	D	C. H. F. Peters
51 9	0.7079	—	—	—	R	Méchain
70 14	1.1434	—	—	—	D	Méchain
87 22	0.4273	0.9965	120.1	1326	R	Krüger
13 36	0.3348	0.8484	2.208	3.281	D	Encke
50 59	0.3942	—	—	—	D	Reggio
48 16	0.3489	—	—	—	R	Saron
12 28	0.0630	—	—	—	R	Méchain
64 30	0.7573	—	—	—	D	Méchain
29 44	0.7473	—	—	—	R	Saron
56 58	1.0633	—	—	—	D	Méchain
63 35	0.7910	—	—	—	R	Englefield
39 46	1.2926	—	—	—	R	Zach
49 7	0.9668	—	—	—	R	Viazzi
60 21	0.4034	—	—	—	R	Saron
51 55	1.5035	—	—	—	D	D'Arrest
13 42	0.3344	0.8489	2.213	3.292	D	Encke
64 55	1.5782	—	—	—	R	Olbers

Nr.	Durchgang durch das Perihel			Länge des	
	Jahr	T mittlere Zeit	Paris	Perihels π	aufft. Knotens Ω
109	1797	Juli 9.	2 ^h 54 ^m	49° 35'	329° 16'
110	1798	April 4.	12 8	105 7	122 12
111	1798	Dec. 31.	13 26	34 27	249 30
112	1799	Sept. 7.	4 44	3 42	99 30
113	1799	Dec. 25.	21 40	190 20	326 49
114	1801	Aug. 8.	13 31	182 42	42 29
115	1802	Sept. 9.	21 32	332 9	310 16
116	1804	Febr. 13.	14 26	149 4	176 53
(96)	1805	Nov. 21.	12 9	156 47	334 20
(84)	1806	Jan. 1.	23 35	109 32	251 15
117	1806	Dec. 28.	22 10	97 3	322 23
118	1807	Sept. 18.	17 53	270 55	266 47
119	1808	Mai 12.	23 1	69 13	322 59
120	1808	Juli 12.	4 11	252 39	24 11
121	1810	Oct. 6.	5 52	63 47	308 51
122	1811	Sept. 12.	6 2	75 1	140 25
123	1811	Nov. 10.	23 56	47 27	93 2
124	1812	Sept. 15.	7 58	92 20	253 1
125	1813	März 4.	12 48	69 56	60 48
126	1813	Mai 19.	12 25	197 37	42 40
127	1815	April 25.	23 59	149 2	83 29
127a	1816	März 1.	8 27	267 36	324 15
127b	1818	Febr. 3.	5 23	76 18	256 1
128	1818	Febr. 25.	23 10	182 45	70 26
129	1818	Dec. 5.	0 56	101 47	90 1
(96)	1819	Jan. 27.	6 18	156 59	334 33
130	1819	Juni 27.	17 20	287 8	273 42
131	1819	Juli 18.	21 46	274 41	113 11
132	1819	Nov. 20.	6 3	67 19	77 14
133	1821	März 21.	13 2	239 29	48 41
134	1822	Mai 5.	14 42	192 44	177 27
(96)	1822	Mai 23.	23 16	157 12	334 25
135	1822	Juli 15.	20 25	219 59	97 44
136	1822	Oct. 23.	18 38	271 40	92 45
137	1823	Dec. 9.	10 49	274 34	303 3
138	1824	Juli 11.	12 20	260 18	234 21
139	1824	Sept. 29.	1 45	4 32	279 17
140	1825	Mai 30.	13 16	273 55	20 6
141	1825	Aug. 18.	8 48	9 48	193 5
(96)	1825	Sept. 16.	6 43	157 15	334 27
142	1825	Dec. 10.	16 31	318 47	215 43
(84)	1826	März 18.	10 3	109 46	251 28
143	1826	April 21.	22 11	116 59	197 37
144	1826	April 29.	1 6	35 48	40 29

Neigung i	Perihel= distanz q	Excen= tricität e	Gr. Halb= achse a	Umlaufs= zeit Jahr	Bewe= gung	Berechner
50° 36'	0.5254	—	—	—	R	Bouvard
43 45	0.4846	—	—	—	D	Olbers
42 26	0.7795	—	—	—	R	Burchardt
50 56	0.8399	—	—	—	R	Tallquist
17 2	0.6258	—	—	—	R	Méchain
20 45	0.2564	—	—	—	R	Doberck
57 1	1.0941	—	—	—	D	Olbers
56 56	1.0750	—	—	—	D	Wahl
13 33	0.3404	0.8462	2.213	3.292	D	Encke
13 39	0.9068	0.7458	3.567	6.737	D	Gambart
35 3	1.0819	1.0102	—	—	R	Hensel
63 10	0.6461	0.9955	143.20	1714	D	Bessel
45 43	0.3899	—	—	—	R	Encke
39 19	0.6079	—	—	—	R	Bessel
62 56	0.9697	—	—	—	D	Thraen
73 2	1.0354	0.9955	211.02	3069	R	Argelander
31 17	1.5821	0.9827	91.51	875	D	Nicolai
73 58	0.7771	0.9556	17.26	71.7	D	Schulhof u. Bossert
21 14	0.6991	—	—	—	R	Nicollet
81 7	1.2153	—	—	—	D	Ferrer
44 30	1.213	0.9311	17.62	73.95	D	Ginzel
43 5	0.0485	—	—	—	D	Burchardt
34 11	0.6958	—	—	—	D	Hind
89 44	1.1978	—	—	—	D	Encke
63 0	0.8550	1.0116	—	—	R	Rosenberger
13 37	0.3352	0.8486	2.214	3.295	D	Encke
80 45	0.3414	—	—	—	D	Hind
10 43	0.7736	0.7552	3.160	5.618	D	Encke
9 1	0.8926	0.6868	2.849	4.810	D	Encke
73 33	0.0918	—	—	—	R	Rosenberger
53 37	0.5044	—	—	—	R	Nicollet
13 20	0.3460	0.8445	2.224	3.318	D	Encke
36 18	0.8469	—	—	—	R	Hind
52 39	1.1451	0.9963	309.65	5449	R	Encke
76 12	0.2265	—	—	—	R	Encke
54 37	0.5913	—	—	—	R	Doberck
54 36	1.0498	—	—	—	D	Encke
56 41	0.88912	—	—	—	R	Clausen
88 30	0.8835	—	—	—	D	Olbers
13 21	0.3449	0.8449	2.223	3.315	D	Encke
33 32	1.2408	0.9954	267.95	4386	R	Hansen
13 34	0.9025	0.7466	3.56	6.720	D	Santini
40 0	2.0079	—	—	—	D	Nicolai
5 17	0.1882	—	—	—	R	Oliver

Nr.	Durchgang durch das Perihel			Länge des	
	Jahr	T mittlere Zeit	Paris	Perihels π	aufft. Knotens Ω
145	1826	Oct. 8.	23 ^h 1 ^m	57° 48'	44° 6'
146	1826	Nov. 18.	9 57	315 30	235 6
147	1827	Febr. 4.	22 16	33 30	184 28
148	1827	Juni 7.	20 21	297 32	318 10
149	1827	Sept. 11.	16 47	250 57	149 39
(96)	1829	Jan. 9.	18 3	157 18	334 30
150	1830	April 9.	7 14	212 11	206 22
151	1830	Dec. 27.	16 0	310 59	337 53
(96)	1832	Mai 3.	23 34	157 21	334 32
152	1832	Sept. 25.	13 55	227 51	72 27
(84)	1832	Nov. 26.	1 39	109 53	248 14
153	1833	Sept. 10.	4 58	222 57	323 9
154	1834	April 2.	16 5	276 34	226 49
155	1835	März 27.	14 0	207 43	58 20
(96)	1835	Aug. 26.	8 49	157 23	334 35
(19)	1835	Nov. 15.	22 41	304 32	55 10
(96)	1838	Dec. 19.	0 27	157 27	334 37
156	1840	Jan. 4.	10 23	192 12	119 58
157	1840	März 13.	1 58	80 14	236 50
158	1840	April 2.	10 40	324 5	186 2
159	1840	Nov. 13.	15 37	23 32	248 56
(96)	1842	April 12.	0 35	157 29	334 39
160	1842	Dec. 15.	23 7	327 17	207 49
161	1843	Febr. 27.	7 45	278 3	355 47
162	1843	Mai 6.	0 43	281 28	157 15
163	1843	Oct. 17.	3 42	49 34	209 29
164	1844	Sept. 2.	11 37	342 31	63 50
165	1844	Oct. 17.	8 25	180 24	31 39
166	1844	Dec. 13.	16 21	296 2	118 19
167	1845	Jan. 8.	3 55	91 20	336 44
168	1845	April 21.	0 54	192 33	347 7
169	1845	Juni 5.	16 19	262 3	337 49
(96)	1845	Aug. 9.	15 11	157 44	334 20
170	1846	Jan. 22.	2 25	89 6	111 8
(84)A	1846	Febr. 10.	23 59	109 3	245 54
(84)B	1846	Febr. 11.	1 59	109 3	245 54
171	1846	Febr. 25.	9 8	116 28	102 41
172	1846	März 5.	13 18	90 27	77 33
173	1846	Mai 27.	31 39	82 34	161 19
174	1846	Juni 1.	2 40	239 50	260 12
175	1846	Juni 5.	11 39	162 6	261 53
176	1846	Oct. 29.	22 9	98 47	4 38
177	1847	März 30.	6 59	276 2	21 42
178	1847	Juni 4.	16 47	141 37	173 57

Neigung i	Perihel= distanz q	Excent= tricität e	Gr. Halb= achse a	Umlaufs= zeit Jahr	Bewe= gung	Berechner
25° 57'	0.8528	—	—	—	D	Argelander
89 22	0.0269	—	—	—	R	Gambart
77 36	0.5065	—	—	—	R	v. Heiligenstein
43 39	0.8082	—	—	—	R	v. Heiligenstein
54 5	0.1378	0.9993	189.62	2611	R	Oliver
13 21	0.3455	0.8446	2.224	3.316	D	Ende
21 17	0.9215	—	—	—	D	Schulze
44 45	0.1259	—	—	—	R	Wolfers
13 22	0.3435	0.8454	2.222	3.312	D	Ende
43 20	1.1831	—	—	—	R	Schulze
13 10	0.8793	0.7514	3.537	6.652	D	Nicolai
7 20	0.4588	—	—	—	D	Hartwig
5 57	0.5150	—	—	—	D	Petersen
9 8	2.0413	—	—	—	R	W. Bessel
13 21	0.3444	0.8450	2.223	3.314	D	Ende
17 45	0.5866	0.9674	17.99	76.29	R	Westphal
13 21	0.3440	0.8452	2.222	3.313	D	Ende
53 6	0.6185	1.0002	—	—	D	C. A. F. Peters
59 13	1.2207	0.9950	24.316	119.9	R	Kowalczyk
79 52	0.5913	—	—	—	D	Kowalczyk
57 57	1.4808	0.9699	49.121	344	D	Göze
13 20	0.3450	0.8448	2.223	3.314	D	Ende
73 34	0.5044	—	—	—	R	Kowalczyk
36 58	0.0069	0.9991	7.822	21.875	R	Plantamour
52 44	1.6158	—	—	—	R	Hubbard
11 23	1.6926	0.5560	3.812	7.442	D	Le Verrier
2 55	1.1864	0.6174	3.100	5.459	D	Brünnow
48 36	0.8554	—	—	—	R	Plantamour
45 39	0.2517	1.0003	—	—	D	Bond
46 51	0.9050	—	—	—	D	Doberck
56 24	1.2547	—	—	—	D	Faye
48 42	0.4016	0.9899	39.66	249.8	R	D'Arrest
13 8	0.3381	0.8474	2.216	3.300	D	Ende
47 26	1.4807	0.9924	194.9	2721	D	Selined
12 35	0.8565	0.7567	3.250	6.603	D	Hubbard
12 35	0.8565	0.7566	3.519	6.601	D	Hubbard
30 56	0.6501	0.7934	3.146	5.581	D	Brünnow
85 6	0.6637	0.9622	17.58	73.7	D	Peirce
57 36	1.3759	—	—	—	R	Bogel
31 2	1.5377	0.7567	6.321	15.89	D	Argelander
29 19	0.6337	0.9899	62.99	500	R	Dudemans
49 39	0.8294	0.9933	123	1390	D	Quirling
48 39	0.0426	0.9999	473.2	10293	D	Hornstein
79 34	2.1150	—	—	—	R	Engström

Nr.	Durchgang durch das Perihel		Länge des		
	Jahr	T mittlere Zeit Paris	Perihels π	aufft. Knotens Ω	
179	1847	Aug. 9.	10 ^h 46 ^m	246° 42'	338° 18'
180	1847	Aug. 9.	8 26	21 17	76 43
181	1847	Sept. 9.	13 11	79 12	309 49
182	1847	Nov. 14.	9 46	274 13	190 50
183	1848	Sept. 8.	1 15	310 35	211 32
(96)	1848	Nov. 26.	2 56	157 47	334 22
184	1849	Jan. 19.	8 30	63 14	215 13
185	1849	Mai 26.	12 11	235 44	202 33
186	1849	Juni 8.	5 3	267 6	30 32
187	1850	Juli 23.	12 50	273 25	92 53
188	1850	Oct. 19.	8 20	89 14	205 59
(163)	1851	April 1.	19 29	49 41	209 31
189	1851	Juli 8.	16 25	322 55	148 24
190	1851	Aug. 26.	5 47	310 59	223 41
191	1851	Sept. 30.	19 16	338 47	44 22
(96)	1852	März 14.	17 22	157 51	334 23
192	1852	April 19.	14 15	280 0	317 13
(84)A	1852	Sept. 23.	17 37	109 8	245 51
(84)B	1852	Sept. 23.	1 31	109 8	245 51
193	1852	Oct. 12.	18 10	43 14	346 10
194	1853	Febr. 24.	0 16	153 43	69 34
195	1853	Mai 9.	19 59	201 45	40 58
196	1853	Sept. 1.	17 5	310 57	140 31
197	1853	Oct. 16.	14 41	302 15	220 6
198	1854	Jan. 3.	22 36	56 7	227 3
199	1854	März 24.	0 28	213 49	315 27
200	1854	Juni 22.	0 5	273 5	347 40
201	1854	Oct. 27.	12 22	94 24	324 29
202	1854	Dec. 15.	17 24	165 9	238 8
203	1855	Febr. 5.	1 18	226 38	189 44
204	1855	Mai 30.	3 42	237 42	260 19
(96)	1855	Juli 1.	4 49	157 53	334 26
205	1855	Nov. 25.	9 35	86 2	51 34
206	1857	März 21.	9 1	74 44	313 9
(171)	1857	März 29.	5 36	115 44	101 46
207	1857	Juli 17.	23 43	249 36	23 41
208	1857	Aug. 24.	0 4	21 47	200 49
209	1857	Sept. 30.	21 16	250 8	14 58
210	1857	Nov. 19.	1 52	44 13	139 19
(189)	1857	Nov. 28.	4 39	323 5	148 29
(102)	1858	Febr. 23.	12 44	115 52	269 3
(131)	1858	Mai 2.	0 58	275 41	113 34
211	1858	Mai 2.	23 22	200 46	175 4
212	1858	Juni 5.	7 15	226 6	324 58

Neigung i	Perihel- distanz q	Excen- tricität e	Gr. Halb- achse a	Umlaufs- zeit Jahr	Bewe- gung	Berechner
83° 27'	1.7672	—	—	—	R	v. Littrow
32 39	1.485	—	—	—	R	Schur
19 8	0.4879	0.9726	17.8	75	D	D'Arrest
71 51	0.3290	1.0001	—	—	R	Rümker
84 25	0.3199	—	—	—	R	Sonntag
13 9	0.3370	0.8478	2.215	3.296	D	Ende
85 3	0.9597	—	—	—	D	Petersen
67 9	1.1593	—	—	—	D	Weyer
66 55	0.8944	0.9978	412	8375	D	D'Arrest
68 11	1.0815	0.9988	940	28800	D	Carrington
40 6	0.5655	—	—	—	D	Bond
11 22	1.6996	0.5549	3.819	7.462	D	Le Verrier
13 55	1.1734	0.6593	3.444	6.390	D	Villarceau
38 9	0.9843	0.9969	313	5550	D	Brorsen
73 59	0.1419	—	—	—	D	Andries
13 8	0.3375	0.8477	2.215	3.297	D	Ende
48 53	0.9053	—	—	—	R	v. Asten
12 33	0.8606	0.7559	3.526	6.621	D	Hubbard
12 33	0.8606	0.7559	3.525	6.619	D	Hubbard
40 55	1.2500	0.9190	15.44	60.7	D	Westphal
20 15	1.0921	—	—	—	R	Hornstein
57 49	0.9087	0.9893	85.1	785	R	Rümker
61 31	0.3070	—	—	—	D	Krahl
61 0	0.1727	1.0012	—	—	R	D'Arrest
66 7	2.0446	—	—	—	R	Kzepecti
82 32	0.2770	—	—	—	R	Oppenheimer
71 19	0.6481	—	—	—	R	Winnecke
40 55	0.7987	0.9933	119.6	1309	D	Leffer
14 9	1.3575	0.9864	99.8	997	D	Elfin
51 24	2.1935	0.9652	63	500	R	Ziele
23 7	0.5668	—	—	—	R	Schulze
13 8	0.3371	0.8478	2.215	3.295	D	Ende
10 11	1.2310	—	—	—	R	Schulze
87 56	0.7725	—	—	—	D	Loewy
29 49	0.6206	0.8023	3.139	5.562	D	D'Arrest
58 57	0.3675	0.9990	367	7040	R	Villarceau
32 46	0.7468	0.9804	38.05	235	D	Moeller
56 3	0.5629	0.9969	182	2463	R	Linsser
37 49	1.0090	0.9970	335	6143	R	Auwers
13 56	1.1700	0.6599	3.440	6.380	D	Villarceau
54 24	1.0255	0.8209	5.726	13.70	D	Brühns
10 48	0.7689	0.7550	3.139	5.56	D	Seeling
19 30	1.1492	0.6737	35.21	209	D	Schulhof
80 3	0.5543	—	—	—	R	Auwers

Nr.	Durchgang durch das Perihel T			Länge des	
	Jahr	mittlere Zeit	Paris	Perihels π	aufft. Knotens Ω
(163)	1858	Sept. 12.	20 ^h 55 ^m	49° 50'	209° 40'
213	1858	Sept. 29.	23 18	36 13	165 19
214	1858	Oct. 12.	19 9	4 14	159 44
(96)	1858	Oct. 18.	8 51	157 57	334 29
215	1859	Mai 29.	5 35	75 21	357 21
216	1860	Febr. 16.	15 9	173 50	324 4
	1860	Febr. 16.	16 14	173 45	324 3
217	1860	März. 5.	13 44	50 5	8 53
218	1860	Juni 16.	1 18	161 32	84 41
219	1860	Sept. 22.	7 38	356 48	44 51
220	1861	Juni 3.	9 31	243 22	29 56
221	1861	Juni 11.	12 19	249 5	278 59
222	1861	Dec. 7.	4 21	173 31	145 6
(96)	1862	Febr. 6.	5 59	158 1	334 31
223	1862	Juni 22.	0 53	299 20	326 33
224	1862	Aug. 22.	22 3	344 42	137 27
225	1862	Dec. 28.	4 20	125 11	355 46
226	1863	Febr. 3.	11 55	191 23	116 56
227	1863	April 4.	21 52	247 16	251 16
228	1863	April 20.	20 49	305 47	250 11
229	1863	Nov. 9.	11 50	94 43	97 29
230	1863	Dec. 27.	18 28	60 24	304 43
231	1863	Dec. 29.	4 17	183 8	105 2
232	1864	Juli 17.	19 38	188 53	174 59
233	1864	Aug. 15.	14 0	304 12	95 15
234	1864	Oct. 11.	10 37	159 18	31 45
235	1864	Dec. 22.	10 59	321 41	203 13
236	1864	Dec. 27.	17 26	162 24	240 54
237	1865	Jan. 14.	7 58	141 16	253 3
(96)	1865	Mai 27.	22 21	158 4	334 33
238	1866	Jan. 11.	3 22	60 28	231 26
(163)	1866	Febr. 3.	23 32	49 56	209 42
239	1867	Jan. 19.	20 49	75 52	78 36
240	1867	Mai 23.	22 15	236 9	101 10
241	1867	Nov. 6.	23 15	276 22	64 59
(171)	1868	April 17.	10 17	116 2	101 14
242	1868	Juni 26.	11 35	285 38	52 15
(96)	1868	Sept. 14.	14 53	158 11	334 32
(131)	1869	Juni 29.	22 44	275 55	113 33
243	1869	Oct. 9.	20 39	123 17	311 30
244	1869	Nov. 18.	19 25	42 58	296 44
245	1870	Juli 14.	2 8	303 32	141 45
246	1870	Sept. 2.	4 53	17 53	12 56
(189)	1870	Sept. 22.	16 46	318 41	146 25

Neigung i	Perihel= distanz q	Excen= tricität e	Gr. Halb= achse a	Umlaufs= zeit Jahr	Bewe= gung	Berechner
11° 22'	1.6942	0.5556	3.813	7.445	D	Möller
63 2	0.5785	0.9963	152.3	1880	R	Hill
21 16	1.427	—	—	—	R	Gylden
13 4	0.3407	0.8464	2.218	3.304	D	Ende
84 32	0.2010	—	—	—	R	Hertzprung
79 40	1.1990	—	—	—	D	Bechüle
79 36	1.198	—	—	—	D	Bechüle
48 13	1.306	—	—	—	D	Gylden
79 19	0.2929	—	—	—	D	Amers
32 12	0.6826	—	—	—	D	Kowalczyk
79 46	0.9207	0.9835	55.67	415.4	D	v. Dppolzer
85 26	0.8224	0.9851	55.12	409.4	D	Kreuz
41 59	0.8391	—	—	—	R	Noether
13 5	0.3399	0.8467	2.218	3.302	D	v. Asten
7 54	0.9813	—	—	—	R	Seeling
66 26	0.9627	0.9608	24.54	121.5	R	v. Dppolzer
42 29	0.8032	—	—	—	R	Krahl
85 22	0.7947	—	—	—	D	Engelmann
67 22	1.0681	—	—	—	R	Frischaut
85 29	0.6288	—	—	—	D	Frischaut
78 5	0.7067	—	—	—	D	v. Dppolzer
64 29	0.7714	—	—	—	D	Valentiner
83 19	1.3131	—	—	—	D	Rosen
45 0	0.6260	—	—	—	R	Kowalczyk
1 52	0.9093	0.9963	249.1	3933	R	Kowalczyk
70 18	0.9311	—	—	—	R	v. Asten
48 53	0.7707	—	—	—	D	Kowalczyk
17 7	1.1145	—	—	—	R	Valentiner
87 32	0.0260	—	—	—	R	Lebutt
13 4	0.3410	0.8643	2.218	3.304	D	v. Asten
17 18	0.9766	0.9054	10.325	33.18	R	v. Dppolzer
11 22	1.6823	0.5575	3.802	7.414	D	Möller
18 13	1.5725	0.8491	10.418	33.62	D	Searle
6 25	1.5630	0.5097	3.189	5.694	D	Sandberg
83 26	0.3305	—	—	—	R	v. Dppolzer
29 22	0.5971	0.8080	2.970	5.117	D	Schulze
48 27	0.5786	—	—	—	R	Karlinski
13 7	0.3337	0.8491	2.212	3.289	D	v. Asten
10 48	0.7814	0.7519	3.150	5.591	D	v. Dppolzer
68 20	1.2307	—	—	—	R	Kowalczyk
5 24	1.0630	0.6581	3.121	5.46	D	Schulhof
58 12	1.0088	—	—	—	R	Seydler
80 39	1.8170	—	—	—	R	Gerst
13 39	1.2803	0.6349	3.507	6.566	D	Lebeau

Nr.	Durchgang durch das Perihel		Länge des		
	Jahr	T mittlere Zeit Paris	Perihels π	aufft. Knotens Ω	
247	1870	Dec. 19.	21 ^h 11 ^m	4° 9'	94° 45'
248	1871	Juni 10.	14 33	141 50	279 19
249	1871	Juli 27.	0 59	115 34	211 54
(102)	1871	Nov. 30.	11 18	116 5	269 18
250	1871	Dec. 20.	9 18	264 13	147 6
(96)	1871	Dec. 28.	19 33	158 13	334 34
(240)	1873	Mai 9.	15 21	237 58	78 43
251	1873	Juni 25.	5 9	306 6	120 57
(163)	1873	Juli 18.	11 50	50 5	209 41
252	1873	Sept. 10.	18 58	36 48	230 35
253	1873	Oct. 1.	18 28	302 58	176 43
(171)	1873	Oct. 10.	11 49	116 5	101 15
254	1873	Dec. 3.	2 53	85 30	248 37
255	1874	März 9.	22 35	299 48	30 18
256	1874	März 13.	22 37	302 22	274 7
257	1874	Juli 8.	20 45	271 6	218 51
258	1874	Juli 17.	16 57	5 27	251 30
259	1874	Aug. 26.	20 24	344 8	281 58
260	1874	Oct. 18.	22 47	265 41	111 29
(131)	1875	März 12.	2 34	276 38	334 37
(96)	1875	April 12.	23 58	158 17	187 15
261	1877	Jan. 19.	4 27	200 5	316 37
262	1877	April 17.	15 24	253 29	346 4
263	1877	April 26.	20 0	102 52	146 7
(189)	1877	Mai 10.	8 9	319 7	184 17
264	1877	Juni 27.	1 51	81 2	250 59
265	1877	Sept. 11.	9 57	107 38	250 59
266	1878	Juli 20.	16 44	279 50	102 16
(96)	1878	Juli 26.	2 56	158 20	234 39
(251)	1878	Sept. 7.	6 25	306 8	121 1
(171)	1879	März 30.	2 0	116 14	101 18
267	1879	April 27.	10 18	42 1	45 46
(240)	1879	Mai 10.	21 52	238 12	78 46
268	1879	Aug. 24.	5 58	308 12	32 22
269	1879	Oct. 4.	15 16	202 38	87 11
270	1880	Jan. 27.	10 48	278 23	356 17
271	1880	Juli 1.	17 54	112 3	257 15
272	1880	Sept. 6.	22 36	82 12	45 19
(244)	1880	Nov. 8.	0 4	43 5	296 51
273	1881	Nov. 9.	10 7	261 4	249 23
(163)	1881	Jan. 22.	16 7	50 50	209 36
274	1881	Mai 20.	10 38	300 12	126 24
275	1881	Juni 16.	10 46	265 13	270 58
276	1881	Aug. 22.	7 30	334 55	97 3

Neigung i	Perihel- distanz q	Excen- tricität e	Gr. Halb- achse a	Umlaufs- zeit Jahr	Bewe- gung	Berechner
32° 44'	0.3892	—	—	—	R	Schulhof
87 36	0.6544	0.9978	176.9	5188	D	Holetschef
78 1	1.0833	—	—	—	R	Cramer
54 17	1.0301	0.8210	5.757	13.813	D	Tischler
81 40	0.6913	0.9964	193.6	2695	R	A. Lindhagen
13 7	0.3330	0.8493	2.210	3.285	D	v. Asten
9 46	1.771	0.4631	3.300	5.994	D	R. Gautier
12 45	1.344	0.5526	3.004	5.2	D	Schulhof
11 22	1.683	0.5574	3.802	7.414	D	Möller
84 1	0.7942	0.9965	225.0	3375	R	R. Gautier
58 31	0.3849	—	—	—	R	Weiß
29 25	0.5937	0.8088	4.923	12.832	D	Schulze
26 29	0.7754	0.7703	3.375	6.202	D	Weiß
58 53	0.0446	—	—	—	D	Wittstein
31 35	0.8857	—	—	—	R	Wenzel
34 8	0.6758	0.9988	572.6	13708	D	v. Hepperger
41 50	1.6880	0.9628	45.42	306	D	Holetschef
80 47	0.9826	0.9988	838.3	24368	D	Grus
11 17	0.5083	—	—	—	R	Holetschef
13 7	0.8289	0.7410	3.199	5.725	D	v. Oppolzer
27 5	0.3329	0.8494	2.209	3.287	D	v. Asten
58 51	0.8074	—	—	—	R	Thraen
77 10	0.9500	0.9987	731.0	19765	R	Plath
15 43	1.0093	—	—	—	D	Zelbr
64 15	1.318	0.6278	3.541	6.664	D	Leveau
77 42	1.0705	—	—	—	R	Gruf
77 42	0.1576	—	—	—	R	Plummer
78 11	1.3919	—	—	—	D	Büttner
13 7	0.3334	0.8492	2.211	3.286	D	v. Asten
12 46	1.339	0.5537	3.002	5.2	D	Schulhof
29 23	0.5899	0.8098	3.102	5.45	D	Schulze
72 58	0.8966	—	—	—	R	Kremser
9 47	1.7715	0.4630	3.299	5.99	D	R. Gautier
72 15	0.9913	—	—	—	R	Hartwig
77 8	0.9897	—	—	—	D	A. Palisa
36 52	0.0059	0.9995	11.07	36.84	R	W. Meyer
56 56	1.8141	—	—	—	R	J. Mayer
38 6	0.3546	—	—	—	R	Molien
5 23	1.067	0.6553	3.096	5.45	D	Schulhof
60 42	0.6596	—	—	—	D	Bigourdan
11 20	1.738	0.5490	3.854	7.565	D	Möller
77 58	0.5912	—	—	—	D	Gruf
63 26	0.7346	0.9964	205.9	2954	D	Bossert
39 46	0.6335	—	—	—	R	Stechert

Nr.	Durchgang durch das Perihel			Länge des	
	Jahr	T mittlere Zeit	Paris	Perihels π	aufft. Knotens Ω
277	1881	Sept. 13.	10 ^h 36 ^m	18° 36'	65° 52'
278	1881	Sept. 14.	8 55	267 52	274 10
(96)	1881	Nov. 15.	1 43	158 30	334 34
279	1881	Nov. 19.	13 30	63 31	181 18
280	1882	Juni 10.	12 52	53 56	204 56
281	1882	Sept. 17.	5 32	276 25	346 1
282	1882	Nov. 12.	23 51	354 48	249 7
283	1883	Febr. 18.	23 1	29 2	278 6
284	1883	Dec. 25.	7 25	125 46	264 25
(124)	1884	Jan. 25.	17 22	93 21	254 9
285	1884	Aug. 16.	10 54	306 11	5 11
286	1884	Nov. 17.	18 16	19 3	206 22

und von Dr. Copeland im Dun Ekt Circular Nr. 99; auch war ohnedies in astronomischen Kreisen die Ueberzeugung verbreitet, daß der glänzende Sternschnuppenfall vom 27. November 1872 dem Biela'schen Kometen zu verdanken gewesen und daß bei der großen Annäherung der Erde an den niedersteigenden Knoten der Bahn dieses Kometen um die gleiche Zeit im vorigen Jahr ein ähnliches Phänomen zu erwarten sei. Man war daher so ziemlich überall zur genauen Beobachtung vorbereitet, und wenn auch die Ungunst der Witterung vielfach hindernd dazwischen trat, so liegen doch zahlreiche Berichte aus den verschiedensten Gegenden vor, welche die Großartigkeit dieses Meteorregens bezeugen.

In ganz Italien von den Alpen bis zur Südspitze von Sicilien machte sich, wie D enza berichtet¹⁾, der Sternschnuppenfall gleich mit Einbruch der Nacht bemerklich. In Tarent zogen die Meteore schon um 5 Uhr in solcher Menge dicht gedrängte Lichtlinien am Himmel, daß zeitweilig die Dunkelheit unterbrochen wurde. In Palermo zählten einige Ingenieure in der Zeit von 5 Uhr 15 Min. bis 6 Uhr 30 Min. 4600 Meteore. In Moncalieri wurden von 6 Uhr bis 10 Uhr 8 Min. von vier Beobachtern, die indessen nicht immer gleich-

1) Nature XXXIII, p. 150; Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2711, S. 372.

Neigung i	Perihel= distanz q	Excen= tricität e	Gr. Halb= achse a	Umlauf= zeit Jahr	Bewe= gung	Berechner
6° 50'	0 7260	0·8304	4·28	8·83	D	Plummer
67 11	0·4492	—	—	—	R	Millesovich
12 53	0·3430	0·8455	2·220	3·308	D	Baclund
35 10	1·9261	—	—	—	R	Bigourdan
73 49	0·0608	0·9999	69·5	579	D	Parson
38 0	0·0077	0·9999	85·5	791	R	Kreuz
83 51	0·9554	0·9992	1345	49300	R	Wolyncewicz
78 6	0·7602	—	—	—	D	Bryant
65 1	0·3097	—	—	—	R	H. Oppenheim
74 3	0·7757	0·9550	17·237	71·56	D	Schulhof u. Bossert
5 27	1·2793	0·5825	3·064	5·36	D	Berberich
25 15	1·572	0·5599	3·572	6·75	D	Krueger

zeitig thätig waren, 39 546 Meteore gezählt. Dabei war der Himmel in den ersten $\frac{5}{4}$ Stunden vollständig frei, später aber trat Bewölkung ein, und zuletzt waren nur noch 0·3 frei. Für völlig unbedeckten Himmel und beständig vier Beobachter berechnet sich hiernach in der angegebenen Zeit von 4 Stunden 8 Min. die Zahl von 62 300 Meteoren. Die größte Häufigkeit fand zwischen 7 und $7\frac{1}{4}$ Uhr statt; in dieser einen Viertelstunde sahen vier Beobachter 6200 Sternschnuppen. 1872 wurden in 6 Stunden nur 33 000 beobachtet.

Bei verhältnißmäßig günstiger Witterung wurde die Erscheinung auf Malta beobachtet¹⁾: bis 9 Uhr war der Himmel ungewöhnlich klar, dann trat dichter Nebel ein, nur kurze Zeit durch eine Aufklärung unterbrochen, und auch nach dem Verschwinden desselben nach 10 Uhr hatte die Luft nicht wieder die frühere Durchsichtigkeit; nach 12 Uhr umwölkte sich der Himmel. Als der Berichterstatter, Maximilian Freiherr von Tucher, um 6 Uhr ins Freie trat, „überfluthete bereits ein wahrer Sternschnuppenregen den ganzen Himmel. Die Bahnen waren gleichmäßig über den ganzen Himmel vertheilt und strahlten alle aus Andromeda. Das Zählen war in dem einem einzigen Beobachter sichtbaren Bereiche des Himmels kaum möglich, denn die Sternschnuppen kamen oft gruppen-

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2702, S. 225.

weise an verschiedenen Orten des dem Beobachter sichtbaren Himmels.“ Von 6 Uhr bis 6 Uhr 20 Min. zählte v. Tucher in den ihm direct sichtbaren Theilen des Himmels 3000 Sternschnuppen und er glaubt, daß in dieser Zeit mindestens 9000 am ganzen Himmel sichtbar gewesen sind. Die in dieser Zeit gesehenen Sternschnuppen waren an Helligkeit größtentheils dem Saturn vergleichbar. Gegen 50 fielen durch ihre hervorragende Größe und ihr blendendes, meist weißes Licht auf; sie alle übertrafen an Glanz die Venus und zogen meist einen röthlichen Schweif nach sich. Von 6 Uhr 30 Min. bis 7 Uhr 45 Min. zählte dann derselbe Berichterstatter, auf dem Rücken liegend mit dem Kopf nach D., den Füßen nach W., 5000 Sternschnuppen, darunter 39 Feuerkugeln, meist weiße, einige gelbe, alle die Venus an Glanz übertreffend. Eine davon hatte eine Dauer von etwa 2 Secunden und hinterließ einen mindestens 8° langen Schweif, der röthlich, an den Rändern heller als im Innern, am Kopfsende breiter als am entgegengesetzten, nördlichen, war; der mittlere Durchmesser war etwa 5 Bogenminuten, die Dauer der Sichtbarkeit mehr als 2 Minuten. Zuerst war dieser Schweif beinahe gerade. Nach etwa $\frac{1}{4}$ Minute änderte er aber seine Gestalt plötzlich und nahm die Form eines in der Mitte etwas verbogenen S an und es hatte den Anschein, als ob im oberen und unteren Ende eine Wirbelbewegung sichtbar wäre, wie der Berichterstatter sie in einer weit entfernten Wasserhose beobachtet hat; in der verbogenen Mitte war diese Wirbelbewegung weniger deutlich. Die Mitte schien übrigens näher zu sein, während die Enden sich zu entfernen schienen. Nach einer halben Minute zerriß der Schweif in der Mitte und die beiden Theile gingen zu lichten Wölkchen zusammen, in denen ebenfalls wirbelnde Bewegungen vorhanden schienen. Von 8 Uhr bis 8 Uhr 20 Minuten wurden 800 Sternschnuppen, darunter 14 Feuerkugeln, von 9 Uhr 20 bis 9 Uhr 28 Minuten 200, von 10 Uhr 20 bis 10 Uhr 28 aber 100 Sternschnuppen gezählt. Bei weiter fortgesetzter Beobachtung wurden von 10 Uhr 35 bis 45, 48 bis 53 Min., 10 Uhr 55 bis 11 Uhr, 11 Uhr bis 11 Uhr 9 Min., 11 Uhr 15 bis 27, 29 bis 38, 42 bis 58 Min. je 50 Sternschnuppen und vereinzelte Feuerkugeln, endlich von 11 Uhr 59 Min. bis

12 Uhr 5 Min. noch 20 Feuerfugeln gesehen. Auch in Athen wurde ein sehr glänzender Sternschnuppenregen beobachtet¹⁾.

Sehr prächtig gestaltete sich die Erscheinung in Marseille²⁾, wo Stephan ihren Höhepunkt auf die Zeit zwischen 6 und 7 Uhr setzt, in welcher sich die Anzahl der Meteore nur näherungsweise bestimmen ließ, da sie in Garben von 10 bis 20 zu gleicher Zeit austraten. Mit Borrelly und Coggia zusammen zählte Stephan wiederholt 600 in der Minute. Im Allgemeinen waren sie klein und bewegten sich langsam, doch erschienen von Zeit zu Zeit auch sehr glänzende, Sternen erster Größe gleichend.

In Paris war der Himmel bedeckt, ebenso auch in Lyon; doch trat hier zwischen 6 Uhr und 6 Uhr 25 Min. eine Aufklärung ein, und André zählte in einer Minute 203 Sternschnuppen. Auch in Nizza war bedeckter Himmel und später störten Nebel und Mondschein den Glanz der Erscheinung; doch waren von 5 Uhr 48 Min. bis 10 Uhr 18 Min. Beobachtungen möglich. Um 6 Uhr erschienen die Meteore schon sehr zahlreich, von 5 Uhr 48 Min. bis 6 Uhr 18 Min. wurden 65 in der Minute gezählt; ihre Häufigkeit nahm aber noch stetig zu bis 7 Uhr 6 Min., worauf eine Verminderung eintrat. Thollon, der hier die Sternschnuppen mit dem Spectroskop untersuchte, fand in allen Fällen leuchtende, scheinbar aus Bündeln heller Linien zusammengesetzte Banden in Gelb, Grün und Orange; eine wirkliche Auflösung dieser Banden war aber nicht zu beobachten, da keine hellere Sternschnuppe durch das Gesichtsfeld zog.

In Madrid begann der Sternschnuppenregen gleich nach Sonnenuntergang und erreichte um 6 Uhr 45 Min. dortiger Zeit seine größte Häufigkeit; von 6 Uhr 37 bis 45 Min. zählte man 3254 Meteore, was für 10 Minuten 4067 geben würde³⁾.

Mit großer Prachtentfaltung trat der Sternschnuppenfall in Genf auf. „Mit Eintritt der Dunkelheit,“ berichtet

1) Nature XXXIII, p. 104.

2) Comptes rendus T. 101, p. 1195 (7 déc. 1885). Dieselbe enthält auch Berichte aus Grignon, Toulon, Bordeaux u. a. Orten Frankreichs.

3) Astron. Nachr. Bd. 114, Nr. 2719, S. 101.

Kammermann¹⁾, „und bei sehr wolfigem Himmel schoß nach allen Richtungen, aber besonders nach W. hin ein wahrer Feuerregen. Die Sternschnuppen waren meistens vereinzelt, oft aber fielen sie in Gruppen von 3, 4 und 5 zusammen. Zwischen 7 Uhr und 7 Uhr 22 Min. konnte ein einzelner Beobachter mindestens 1200 zählen . . . ; ein anderer Beobachter, Prof. Colladon in Genf²⁾, giebt um diese Zeit 60 in der Minute an. Wenn man annimmt, daß ein einzelner Beobachter höchstens den dritten Theil des Himmels übersehen kann, und die Bewölkung um diese Zeit im Mittel 0·4 war, so ergiebt sich während dieser 22 Minuten eine Gesamtzahl von mindestens 6000 Sternschnuppen.“ Kammermann beobachtete übrigens nur wenig Sternschnuppen erster Größe, keine einzige, die an Glanz der Venus vergleichbar war. Dabei war auch in Genf die Bewölkung sehr hinderlich; doch gelang es, das Maximum der Häufigkeit auf 7¹/₄ Uhr festzustellen.

Kammermann berichtet noch, daß Professor Jung in Genf den dort am 28. November und an den folgenden Tagen gefallenen Regen reich an Meteorstaub gefunden habe. Auch war am 29. und 30. November abends 5¹/₂ Uhr durch Wolkenlücken ein sehr schönes Abendroth sichtbar; ob dasselbe durch Meteoritenstaub veranlaßt wurde, in ähnlicher Weise wie die Krakataoeruption die prachtvollen Erscheinungen im Winter 1883/4 verursacht hat, will Kammermann dahingestellt sein lassen.

Was nun die Erscheinung in Deutschland und Oesterreich anlangt, so war dieselbe in Wien nur zeitweilig durch Wolkenlücken sichtbar, und es wurden unter so ungünstigen Verhältnissen dort gegen 9 Uhr in Zeit von 9 Minuten 200 Meteore gezählt³⁾.

Günstiger waren die Verhältnisse in Prag, wo das vorher längere Zeit regnerische Wetter am Abend des 27. sich völlig klärte. Schon 6 Uhr 20 Min. sah Safarik⁴⁾ zahlreiche Sternschnuppen in S., S., W. und NW. vertical zum Hori-

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2697, S. 138.

2) Comptes rendus T. 101, p. 1197.

3) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2692, S. 63.

4) Dies. Nr. 2702, S. 230.

zont herabfallen, vom Zenith nach allen Richtungen in kurzen, nur 1 bis 2°, selten über 5° langen Bahnen streichend, in allen Größen von der ersten bis zur 6., am häufigsten 2. oder 3. Größe, oft 2 bis 3 in nahezu parallelen Bahnen, noch öfter 2 hinter einander in derselben Bahn. Die helleren hinterließen eine Spur, die aber meist in 1 bis 2 Secunden verschwand; „eine bei ψ Aquarii blieb über eine Minute stehen, änderte langsam ihren Positionswinkel um etwa 30° und krümmte sich zuletzt; im Sucher glich sie täuschend einem hellen langen Spindelnebel“. Die helleren Meteore erschienen Safarik im Opernglas bei 2 $\frac{1}{2}$ facher Vergrößerung wie langgestreckte Tropfen geschmolzener Materie, umgeben von schmaler Rauchhülle, die sich in den schmalen Schweif verlängerte. Einen merkwürdigen Anblick gewährte im Opernglase ein hellgelbes Meteor, das 7 $\frac{1}{2}$ Uhr gegen die Plejaden fiel: es erschien nämlich als scharf begrenzter Doppelstern, beide Componenten erster Größe, mit mehr als 5° langem röthlichem Schweif. Bald darauf erhellte eine tiefrothe pläzende Feuerkugel von S. her die dunkle Beobachtungskammer, so daß Safarik die Uhr erkannte. Intensive Färbungen konnte Safarik selten beobachten, blau und grün nie, die meisten Sternschnuppen waren mäßig gelb.

In Zeit von 10 Min. zählte derselbe Beobachter innerhalb eines zwischen dem Zenith und SSO. horizontal gelegenen sphärischen Vierecks, das 0.21 der Halbkugel umfaßte, um 6 Uhr 58 Min. 182, um 7 Uhr 15 Min. 222 und noch um 8 Uhr 18 Min. durch schon dicke Dunstcirri 60 Sternschnuppen; nachher ward es völlig trübe.

Auf Grund seiner Beobachtungen mit einem großen Sucher mit 12 cm Oeffnung bei 23facher Vergrößerung spricht Safarik seine Ueberzeugung aus, daß keine Meteore unter 9. Größe in dem Schwarme sichtbar waren, so daß wir annehmen dürfen, daß die Dimensionen aller Körper des Schwarmes oberhalb einer merklichen unteren Grenze liegen.

Ueberaus prächtig war die Erscheinung in München. Schon als sich gegen 5 Uhr der Himmel etwas aufklärte, war eine große Anzahl sehr heller Sternschnuppen sichtbar, und wenn auch der Himmel bis 7 Uhr nur theilweise frei war und dann völlige Bedeckung eintrat, so bot sich doch „in dieser kurzen

Zeit Gelegenheit, eines der großartigsten Schauspiele anzusehen, das sich darbieten kann.¹⁾ Seeliger schätzt die Anzahl der Sternschnuppen auf mindestens 8000 in der Stunde; Dertel zählte allein in der Viertelstunde von 5 Uhr 45 Min. bis 6 Uhr 1140. Aber nicht bloß die Anzahl der Meteore, sondern auch ihre Größe und Helligkeit gab dem Phänomen so außerordentlichen Glanz. Nach Dertel war ungefähr der zehnte Theil der beobachteten Sternschnuppen sogar heller als der Stern Wega in der Leier, und zwei waren heller als Venus. Seeliger hebt besonders hervor, daß viele Sternschnuppen lange andauernde Spuren ihrer Bahn hinterließen. So war ein solcher weißer Streifen von etwa 5° Länge etwa 1½ Minuten lang deutlich erkennbar; derselbe war so deutlich, daß man ihn für einen abnormen Wolkenstreifen hätte halten können.

In Breslau war, wie Galle berichtet, das Wetter am 27. sehr trübe und regnerisch und es konnte abends zwischen 6 und 8 Uhr nur durch einige Wolkenlücken vorübergehend das Phänomen beobachtet werden. Aus verschiedenen Orten Schlesiens aber gingen Berichte ein, von denen besonders der des Prof. Reimann in Hirschberg werthvoll ist. Derselbe beobachtete mit mehreren Gymnasiasten, und es wurden um 6 Uhr in 3 Min. einmal 134 und bald darauf 134, nach S. und SO. aber in 5 Min. 206 Sternschnuppen gezählt; von 8 Uhr 35 Min. bis 8 Uhr 57 Min. zählte einer der Gymnasiasten am ganzen Himmel (mit Ausnahme des durch Wolken bedeckten östlichen) 1391 Meteore, die sich von 2 zu 2 Minuten wie folgt vertheilen: 107, 97, 133, 114, 86, 143, 218, 198, 74, 119, 102. Bald nach 6 Uhr bewölkte sich der Himmel bis nach 8 Uhr und 9½ Uhr trat wieder vollständige Bewölkung ein.

Reimann bemerkt weiter, daß die hellen Sternschnuppen fast alle Schweife hatten; viele waren auch intermittirend (erloschen und leuchteten wieder auf). Mehrere der schwächern hatten gekrümmte Bahnen und eine eigenthümliche sich überstürzende Art der Bewegung. Die Farbe war bei allen gelblich weiß; nur eine sehr helle mit kurzer Bahn erglänzte im Moment

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2697, S. 137.

2) Dies. Nr. 2702, S. 231.

des Erlöschens im rothen Licht. Sowohl um 6, als besonders um 9 Uhr fielen die Sternschnuppen nicht in gleichmäßigem Tempo, sondern schichtweise in Pausen, nach denen wieder plötzlich viele zugleich oder gleich hinter einander sich zeigten.

Auch in Berlin herrschte ungünstiges Wetter; doch wurden, wie Dr. Zenker berichtet, auf dem Dache der landwirthschaftlichen Hochschule 640 Sternschnuppen beobachtet; zwischen 7 und 7 $\frac{1}{2}$ Uhr, als kaum mehr als $\frac{1}{4}$ der gesammten Himmelsfläche klar war, bis 41 in 5 Minuten, nach 10 Uhr aber bei etwa zu $\frac{9}{10}$ freiem Himmel bis 48 in derselben Zeit. Dagegen wird aus Luckau, südlich von Berlin, berichtet, daß dort die Meteore zwischen 6 und 6 $\frac{1}{2}$ Uhr so dicht gefallen seien, daß die Zählung aufgegeben werden mußte.

In Bonn hat Schönfeld ¹⁾ durch Abzählen der gesehenen Sternschnuppen die Zeit der größten Intensität des Phänomens zu bestimmen versucht, was ihm aber, wegen Ungunst der Witterung nicht in befriedigender Weise gelungen ist. Die Beobachtungen wurden in folgender Weise angestellt: Mit der Secunde Null einer jeden geraden Minute der benutzten Uhr wurde die Zählung der Sternschnuppen begonnen, die innerhalb eines Viertels des sichtbaren Himmelsgewölbes (zwischen Meridian und erstem Vertical) sichtbar waren, während sich der Beobachter gleichzeitig ein Urtheil über die Trübheit des abgezählten Quadranten bildete. Die Zählung wurde eine Minute lang fortgesetzt und dann die folgende ungerade benannte Minute zum Notiren der Zahlen und zum Wechseln des Beobachtungsortes benutzt, welcher immer so gewählt wurde, daß der von ihm aus unter Controle zu haltende Quadrant bis in möglichst große Zenithdistanzen frei war. Dabei blieb meist noch Zeit übrig zum Ansehen der nächsten Umgebung des Radiationspunktes, dessen Gegend bald festgestellt ward. Aus einer Anzahl Sternschnuppen, die ganz in der Nähe des Radiationspunktes aufleuchteten und größtentheils nur sehr kurze Bahnen beschreiben ergab sich dieser Punkt für 7 $\frac{1}{4}$ Uhr abends als innerhalb eines Dreiecks gelegen, dessen Ecken die Sterne ν und γ der Andromeda und ν des Perseus bilden, etwa in Rectasc. 24° , Decl. $+44^{\circ}$ (Aequ. 1840).

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2696, S. 121.

„Indessen ist dieser Punkt nur als der Mittelpunkt eines nach jeder Seite hin wenigstens $1\frac{1}{2}^{\circ}$ ausgedehnten Ausstrahlungsraumes anzusehen.“

Die Meteore erschienen in allen Größen, nicht wenige heller als Jupiter, das hellste war sogar viel heller als Venus und erhellte weithin die Wolken mit seinem Glanz.

Die höchsten Zahlen der in einer Minute beobachteten Sternschnuppen sind 51 (6 Uhr 40 Min., außerdem noch eine sporadische Sternschnuppe), 49 (7 Uhr 4 Min., dazu 2 sporadische), 42 (6 Uhr 34 Min.), 41 (6 Uhr 22 u. 36 Min.), 39 (6 Uhr 26 Min.), 35 (6 Uhr 48 Min.), 33 (6 Uhr 56 u. 58 Min.) 32 (5 Uhr 48 Min., 6 Uhr 28, 32, 54 Min., 7 Uhr 12 Min.).

Deichmüller, der ebenfalls in Bonn beobachtete ¹⁾, giebt für die in einer Minute gefallenen Sternschnuppen folgende Mittelwerthe aus der Zeit von $22^{\text{h}} 25^{\text{m}}$ bis $23^{\text{h}} 28^{\text{m}}$ Sternzeit an:

22 ^h	34·5 ^m	NO	38·2
22	34·5	NW	39·5
23	13·0	W	52·6
23	22·4	O	46·8.

Derselbe erwähnt noch als auffällig, daß die Meteore nicht in nahe gleichen Intervallen, sondern oft nach secundenlangen Pausen in Gruppen von 4 bis 6 gleichzeitig und nahe an derselben Stelle fielen. Dieses Umstandes, dessen schon oben bei den Breslauer Beobachtungen Erwähnung geschah, gedenkt auch J. Scheiner, der ebenfalls in Bonn beobachtete; „Die Sternschnuppen fielen nicht gleichmäßig, sondern truppweise, manchmal etwa 8 auf einmal.“ Derselbe fand folgende Zahlen für die in einer Minute gefallenen Sternschnuppen:

5 Uhr	30 Min.	. . N	. . 34·5
6	= 7	= W	55·5
6	= 31	= S	83·3
6	= 59	= O	61·5.

Im Kometensucher hinterließen auch die schwächern Meteore einen deutlich sichtbaren Schweif. Die hellern Sternschnuppen waren nach Scheiner schwach grünlich oder bläulich gefärbt, die

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2696, S. 124.

Schweife röthlich. Einmal ward ein Schweif von einer Minute Dauer gerade in der Milchstraße beobachtet.

In Köln zählte Dr. Klein zwischen 7^{1/2} und 8 Uhr bei ziemlich heiterem Himmel 309 Meteore, von denen die meisten Schweife zeigten; viele von ihnen waren sehr hell und wahre Boliden, meist von röthlicher Färbung. Von 8^{1/2} bis 9 Uhr wurden 375 Meteore gezählt, darunter 10 sehr helle; von 9 bis 9^{1/2} Uhr betrug die Zahl der gezählten Meteore 208, um 10^{1/2} Uhr wurde der Himmel völlig trüb, doch blitzten auch jetzt noch, obgleich kein Stern mehr zu erkennen war, an einzelnen Stellen helle Meteore auf. Die angegebenen Zahlen beziehen sich nur auf den Gesichtskreis eines einzigen Beobachters, der das Zenith und den östlichen Himmel ins Auge faßte. Klein berichtet noch, daß die meisten Meteore sich recht langsam bewegten und leuchtende Bahnen hinterließen, die jedoch rasch erloschen. Als besonders bemerkenswerth erwähnt er noch zwei große nebelige Massen, die sich, schweiflos, unter den Sternen bewegten. Den größten Glanz entwickelte die Erscheinung zwischen 6 und 6^{1/2} Uhr; damals waren besonders viele helle Meteore sichtbar, die nach 8 Uhr spärlicher auftraten.

In Gotha konnte der Sternschnuppenfall nur verhältnißmäßig kurze Zeit beobachtet werden, da der Himmel sich erst um 8^{1/2} Uhr aufheiterte und kurz vor 10 Uhr wieder bedeckte. Prof. E. Becker zählte hier¹⁾, mit dem Gesicht nach S. gewandt, in 52 Minuten 590 Meteore und schätzt demnach die Zahl aller sichtbar gewordenen auf mindestens 1800 in der Stunde. Die größte Zahl war schwach, 10 bis 15 Procent aber hell, zweiter und erster Größe oder noch heller; charakteristisch war auch das wiederholt beobachtete gleichzeitige Dahinziehen von zwei oder auch drei Meteoriten in benachbarten parallelen Bahnen, das schon 1872 von Schmidt in sehr ausgeprägter Weise beobachtet worden ist.

In Leipzig verhinderte das schlechte Wetter die Beobachtung größtentheils. Doch ließen sich in einer Regenspauze zwischen 6 und 7 Uhr, als durch dünnere Wolken vorübergehend die hellsten Sterne zum Vorschein kamen, in dem Dreieck zwi-

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2696, S. 125.

Jahrb. der Erfindgn. XXII.

schen Zenith, Triangel und Pegasus zahlreiche Meteore von großer Helligkeit in rascher Folge mit anscheinend sehr kurzer Flugbahn wahrnehmen, und als zwischen 10 und 11 Uhr ein größerer Theil des Himmels sich aufhellte, fielen immer noch ein bis zwei Meteore in der Minute, darunter jedoch viele schwächere.

In Dresden konnte man nach B. v. Engelhardt's Bericht abends um 7 Uhr, als der Himmel sich für 10 Minuten ungefähr zur Hälfte aufhellte, die Sternschnuppen nicht mehr zählen, sie fielen nach allen Richtungen wie ein Kasketenregen, oft mehrere Secunden lang nachleuchtende Schweife hinterlassend. Sogar als es später ganz trübe ward und gegen 9 Uhr etwas Regen fiel, konnte man durch jede kleine Wolkenlücke und auch durch Wolken hindurch fortwährend Sternschnuppen sehen. Auch als gegen Mitternacht der Himmel sich aufklärte, konnte man trotz hellen Mondscheins noch eine ziemliche Anzahl Sternschnuppen aufleuchten sehen. Ähnliches wird aus anderen Orten Sachsens berichtet.

In Königsberg bemerkte man zuerst um 6 Uhr 20 Min. das Fallen zahlreicher Sternschnuppen. Dr. Franz zählte¹⁾, indem er den südlichen und südöstlichen Himmel überblickte, von 6 Uhr 30 Min. bis 6 Uhr 44.5 Min. bei theilweis bewölktem Himmel 300 Meteore, während von Nacht und Lother gleichzeitig zusammen in 3 Minuten 75 bis 80 gezählt wurden, indem sie nach verschiedenen Theilen des Himmels hinsahen und die gemeinsam gesehenen Sternschnuppen nur einfach zählten. Von 7 Uhr 37 bis 46 Min. zählte Franz wieder 30 Sternschnuppen, und da er nur einen Theil des Himmels überblickte, auch viele Sternschnuppen durch Wolken verdeckt wurden, so schätzt er die Zahl der in einer Minute gefallenen auf mindestens 100. Dieselben waren durchschnittlich von erster bis zweiter Größe, die hellsten so hell wie Venus und Jupiter, die schwächsten 5. oder 6. Größe. Sie erschienen fast alle weiß. Nur einige durch besondere Helligkeit ausgezeichnete hinterließen einen 1 bis 2 Secunden dauernden linienförmigen Schweif von rother Farbe.

In den Niederlanden war die Bewölkung der Beobach-

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2697, S. 142.

tung an vielen Orten hinderlich. So konnte D u d e m a n s¹⁾ in Utrecht bei völlig bedecktem Himmel nichts von dem Sternschnuppenregen sehen; er empfing aber über 40 Berichte über denselben aus verschiedenen Gegenden Hollands. Indessen scheinen die Ortschaften, wo das Phänomen durch Oeffnungen der Wolkenschicht sichtbar wurde, nicht gleichmäßig vertheilt zu sein; besonders begünstigt erschien ein breites Band zwischen Flandern und Enschede, sodann die Provinzen Flandern und Groningen. Die Berichte stimmen im Allgemeinen darin überein, daß das Phänomen sich bald nach Sonnenuntergang zeigte, von 6 bis 7 Uhr sein Maximum erreichte und dann wieder abnahm. Um 6 oder um 7 Uhr überzog sich fast überall der Himmel.

Einzelne Beobachter, die durch Klarheit der Luft begünstigt wurden, sahen auch hier eine außerordentliche Menge von Meteoriten. So berichtet der Schiffscapitän H a n s e n vom Dampfer „Elve“, daß er nach 5 Uhr in der Nähe von Nor-derney erst 20 bis 25, später 50 bis 60 Sternschnuppen zugleich gesehen habe, „so daß es buchstäblich Sterne regnete und es unmöglich war, sie zu zählen“.

In Dugrée bei Lüttich zählte Folie gegen 8 Uhr in einem kleinen Theil des Himmels in $3\frac{1}{2}$ Minuten 100 Sternschnuppen. Dr. Ball erwähnt einer dort beobachteten Sternschnuppe, die am Ende explodirte und ein gegen $\frac{1}{4}$ Stunde andauerndes Wölkchen hinterließ²⁾.

In Upsala³⁾ waren von $5\frac{1}{2}$ Uhr abends an 12 Beobachter thätig, um eine möglichst genaue Bestimmung der Zeit des Maximums und des Radiationspunktes zu erhalten. Zu dem ersteren Zwecke wurde der Himmel in vier Quadranten getheilt, gebildet von Verticalkreisen durch Pegasus, Lyra, Großen Bär und Dreieck; jeder Beobachter hatte immer nahe dieselben Sternbilder zu beobachten, während andere die Bahnen in Karten zeichneten, um den Radianten zu bestimmen. Von 6 bis 11 Uhr wurden nun in den einzelnen Quadranten

8855, 11873, 11333, 8883,

also zusammen 40844 Sternschnuppen gezählt. Als Zeit des

1) Astron. Nachr. Bd. 112, Nr. 2702, S. 233.

2) Dies. Nr. 2695, S. 119.

3) Dies. Nr. 2697, S. 140.

Maximums der Häufigkeit wurde 7 Uhr 30 Min. gefunden. Einzelne Sternschnuppen waren von außerordentlicher Größe, und eine besonders leuchtende hinterließ ein 6 Minuten lang glänzendes Wölkchen. Dieselbe wurde auch in Stockholm beobachtet, und aus beiden Beobachtungen ergiebt sich eine Parallaxe von 29° und eine Entfernung von ungefähr 120 km.

Bei sehr durchsichtiger Luft, verbunden allerdings mit heftigem Wind bei -18° C., wurde der Sternschnuppenfall in Pulkowa beobachtet.¹⁾ Das Maximum der Erscheinung wurde von allen Beobachtern auf 8 Uhr 15 Min. mittlere Zeit von Pulkowa verlegt. Ueber die Zahl der Meteore um diese Zeit gehen die Schätzungen auseinander, alle Beobachter stimmen aber darin überein, daß als untere Grenze im Mittel 5 in der Secunde anzunehmen seien. An ein einigermaßen zuverlässiges Zählen war gar nicht zu denken, da bisweilen 10 bis 20 Meteore in demselben Augenblick erschienen.

Auch auf den britischen Inseln trat die Erscheinung an vielen Orten sehr glänzend auf²⁾, und ebenso liegen aus der neuen Welt Berichte vor, welche zeigen, daß auch dort ungewöhnlich viel Sternschnuppen fielen, wenn auch die Zeit des Maximums der Häufigkeit dort auf die Tagesstunden fiel. In geringerer Zahl sind auch aus dem Orient Berichte vorhanden: so erwähnt Alfred Carpenter, daß in Ava in der Nähe von Mandalay um 10 Uhr aus der Gegend des Zeniths (von einem Punkte zwischen Alamaß oder γ der Andromeda und Mirach oder β desselben Sternbildes, um etwa $\frac{1}{5}$ des Abstandes beider vom ersten Stern entfernt) nach allen Punkten des Horizontes zahlreiche Meteore, 450 bis 600 in der Minute, niederfielen. Auch in der nächsten Nacht waren noch sehr viele Meteore sichtbar. Ebenso wurde auf Mauritius der Sternschnuppenfall trotz ungünstigen Wetters an vielen Orten beobachtet³⁾.

Was nun den Punkt des Himmels anlangt, aus dem die Meteore zu kommen schienen, so lag derselbe nach dem ziemlich übereinstimmenden Urtheil der meisten Beobachter in dem Sternbild der Andromeda, in der Nähe des Sternes γ oder Alamaß,

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2711, S. 370.

2) Vgl. Nature XXXIII, p. 101, 127, 150.

3) Vgl. den Bericht von Meldrum in Nature XXXIII, p. 276.

war also im Wesentlichen derselbe wie bei dem Phänomen vom 27. November 1872. Aus den an einer großen Anzahl von Stationen beobachteten Radianten hat Förster folgende reducirte Coordinaten für diesen Punkt berechnet¹⁾:

	Rectasc.	Declin.	
für 1872	23·3 ⁰	+ 43·3 ⁰	} Aequ. 1885.
= 1885	23·5	+ 43·3	

War schon 1872 kein Zweifel darüber, daß der Sternschnuppenregen vom 27. November des genannten Jahres kleinen kosmischen Körpern zu verdanken sei, die der Biela'sche Komet bei seinem Zerfall längs seiner Bahn ausgestreut hat, so dient der Wiedereintritt der gleichen Erscheinung im vorigen November zur Bestätigung dieser Theorie. Der Biela'sche Komet gehört daher zu den wenigen, bei welchen ein Zusammenhang mit einem Meteoritenschwarm als erwiesen gelten kann. Außer ihm gehören dazu noch der Komet I 1861, entsprechend den Aprilmeteoren (Thraiden), der Komet III 1862, dem die Augustmeteore (Perseiden) entsprechen, und endlich der Komet I 1866 mit den um Mitte Novembers aus dem Sternbild des Löwen kommenden Meteoren (Leoniden). Als man die Uebereinstimmung der Perseiden und Leoniden mit den erwähnten Kometen erkannt hatte, hegte man die Hoffnung, daß man bald mehr solche Fälle entdecken würde; dies hat sich nicht bestätigt, vielmehr scheint es, daß solche Uebereinstimmungen nur ausnahmsweise stattfinden.

Was nun den merkwürdigen Biela'schen Kometen anlangt²⁾, so wurde derselbe zuerst am 8. März 1772 von Montaigne in Limoges als ein schwacher, dem bloßen Auge nicht erkennbarer Nebel entdeckt und in Paris bis 20. April beobachtet. Dreiunddreißig Jahr später, am 10. November 1805, entdeckte Pons in Marseille einen Kometen, der rasch von der nördlichen nach der südlichen Hemisphäre ging und den er bis 12. December beobachtete. Derselbe wurde, sogar bei

1) Astron. Nachr. Bd. 114, Nr. 2720, S. 113.

2) Vgl. „The story of Biela's Comet“, a lecture delivered by Prof. H. A. Newton on March 9, 1874, on the Sheffield Scientific School of Yale College, U. S., wieder abgedruckt im American Journal of Science, und Nature (Nr. 852 u. 853).

hellem Mondschein, dem unbewaffneten Auge als eine runde Lichtwolke von etwa Mondgröße sichtbar. Die Bahnberechnung ergab damals zwar eine große Uebereinstimmung mit der Bahn des Kometen von 1772, doch konnte die Identität noch nicht festgestellt werden. Zwanzig Jahre später, 1826, wurde der Komet am 27. Februar von dem österreichischen Hauptmann Biela in Josephstadt, den Morstadt auf die Wahrscheinlichkeit der Wiederkehr im Jahr 1826 aufmerksam gemacht hatte, und unabhängig davon auch am 9. März von Gambart in Marseille wieder entdeckt, und diesmal wurde auch bald, besonders durch Gambart und Clausen, festgestellt, daß er eine Umlaufszeit von etwa $6\frac{3}{4}$ Jahren habe und mit den beiden erwähnten Kometen identisch sei. Auch machte Olbers auf die ungewöhnliche Annäherung der Bahnen des Kometen und der Erde aufmerksam (kleinster Abstand 1806: 0.0086267, 1826: 0.0060383, 1832: 0.0001930 Erdbahnhalbmesser), was im großen Publicum zu allerhand Befürchtungen wegen eines im Jahr 1832 zu erwartenden Zusammenstoßes Anlaß gab. Aber auch in astronomischen Kreisen erwartete man die Wiederkehr des Kometen in diesem Jahr mit großem Interesse, war derselbe doch der zweite damals bekannte Komet mit kurzer Umlaufszeit; das erste Beispiel eines solchen bot bekanntlich der Encke'sche Komet von $3\frac{1}{3}$ Jahr Umlaufszeit. Im Jahr 1832 wurde der Komet zuerst von Sir John Herschel in Slough am 23. September wahrgenommen. Mit seinem 20füßigen Spiegelteleskop beobachtete Herschel, wie das Centrum des Kometen über eine Gruppe kleiner Sterne 16. bis 17. Größe ging, wobei er das Aussehen eines theilweis auflösbaren Nebels gewährte, und Struve sah ihn über einen Stern 9. Größe gehen, ohne daß dieser an Helligkeit verlor. Uebrigens befand sich der Komet bei dieser Erscheinung immer in großer Entfernung von der Erde, trotz der großen Annäherung der Bahnen beider Weltkörper.

Die nächste Wiederkehr des Kometen zu seinem Perihel fand im Juli 1839 statt; da aber Erde und Komet sowohl vor wie nach diesem Zeitpunkte auf entgegengesetzten Seiten der Sonne standen, so war der letztere nicht sichtbar.

Dagegen war er bei seiner nächsten Zurückkunft fünf

Monate lang (vom 26. November 1845 bis 27. April 1846) zu beobachten, und diesmal bot er uns ein Schauspiel dar, dessen Möglichkeit man wohl vorher nie geahnt hatte: er theilte sich in zwei an Form ähnliche, an Größe verschiedene Kometen. Am 19. December hatte Hind in England an dem noch ungetheilten Kometen gegen Nord eine Art Protuberanz bemerkt, aber noch am 21. war nach Ende nichts von einer Theilung zu sehen. Als aber am 29. December Herrick, damals Buchhändler des Yale College, und Francis Bradley, Beamter der City-Bank, auf dem Thurm des Athenäums in New-Haven in den Vereinigten Staaten den Kometen mit einem Clark'schen Teleskop beobachteten, bemerkten sie neben ihm einen kleineren Kometen. Zwei Wochen später sahen auch Lieutenant Maury und Prof. Hubbard in Washington den Begleiter, und zwei Tage darauf, also Mitte Januar 1846, ward die Theilung auch in Europa bemerkt. Der scheinbare Abstand zwischen dem nördlich vorangehenden kleinen und dem großen Kometen betrug anfangs 3, Anfang März 9 Bogenminuten; die wahre Entfernung war Mitte Januar 45, Mitte Februar 49, Ende März nur 43 Erdhalbmesser. Die Lichtstärke wechselte; anfangs wuchs der Nebenkomet und wurde sogar Anfang Februar ein paar Tage heller als der Hauptkomet, Ende März aber war er kaum noch erkennbar. Die Nebelhüllen, welche die Kerne umgaben, zeigten Veränderungen: anfangs hatte jeder Komet einen Schweif, zeitweilig zeigte der kleine Komet deren zwei *cc*. Den Himmelsraum zwischen beiden Kometen sah Struve in Pulkowa am 19. Februar ganz nebelfrei; einige Tage später erblickte Maury in Washington Strahlen, die vom großen nach dem kleinen Kometen eine brückenartige Verbindung herstellten.

Bei seiner Wiederkehr zum Perihel 1852 war der Komet sehr weit von der Erde entfernt, daher nur durch die größten Teleskope sichtbar. Die ersten Beobachtungen gelangen in Rom am 25. August, die letzten in Pulkowa am 28. September. Es waren diesmal beide Kometen sichtbar, aber ihre Entfernung war auf 378 Erdhalbmesser angewachsen und wuchs im Laufe des September noch um 30 Erdhalbmesser. Die Helligkeit der beiden Componenten war wechselnd, so daß man nicht unterscheiden konnte, welches der Hauptkomet war.

Seit dem Jahre 1852 ist der Biela'sche Komet als solcher nicht wieder sichtbar gewesen: 1859 stand er allerdings um die Zeit seines Durchgangs durch das Perihel für uns hinter der Sonne, aber 1865/66 konnte man hoffen, ihn wieder zu erblicken; dessen ungeachtet blieb alles Suchen nach demselben vergebens, und D'Arrest wurde hierdurch, sowie durch den Umstand, daß auch der Encke'sche und der Faye'sche Komet von einer Erscheinung zur andern an Lichtstärke abnahmen, auf die Ansicht geführt, daß die Kometen von kurzer Umlaufszeit ihrer allmählichen Auflösung entgegengehen, übereinstimmend mit einer schon von Kepler ausgesprochenen Idee.

Im Jahre 1872 war ebenfalls alles Suchen nach dem Kometen vergeblich; damals aber hatte schon Schiaparelli seine Ideen über den Zusammenhang zwischen Kometen und Sternschnuppenschwärmen veröffentlicht, und D'Arrest und Weiß hatten es als wahrscheinlich hingestellt, daß der gegen Ende November zu beobachtende Sternschnuppenfall der Andromediden seine Entstehung dem Biela'schen Kometen verdanke. Diese Vermuthung fand dann auch durch den prächtigen Sternschnuppenfall am 27. November ihre Bestätigung. Als Komet freilich wurde der Biela'sche Komet nicht wieder sichtbar; denn es unterliegt gegenwärtig kaum noch einem Zweifel, daß der bald nach dem prächtigen Sternschnuppenfall, nämlich in der Nacht vom 2. bis 3. December, von Pogson in Madras entdeckte teleskopische Komet trotz des merkwürdigen Zusammentreffens der Zeit und des scheinbaren Ortes doch weder mit dem Biela'schen Kometen noch mit dem Sternschnuppenschwarm Etwas zu thun hat.¹⁾

Im Jahr 1879 wurde weder Biela's Komet gesehen, noch eine auffallende Häufigkeit der aus der Andromeda kommenden Sternschnuppen Ende Novembers beobachtet; wir sind also damals, als wir die Bahn des Kometen durchkreuzten, dem Hauptschwarm dieser Körper nicht begegnet, sondern, was wir beobachteten, waren nur verhältnißmäßig vereinzelte kleine kosmische Körper, die längs der Bahn des Kometen ausgestreut sind. Dagegen sind wir im vergangenen November

1) Vgl. die Untersuchungen von Bruhns im Jahrg. XII dieses Jahrb., S. 28—30.

dem dichten Meteoritenschwarm begegnet, in welchen sich, wie ziemlich feststeht, der Biela'sche Komet aufgelöst hat. Zweifelhaft ist aber noch, ob wir 1872 und 1885 durch denselben Theil dieses Schwarmes gegangen sind, wie manche Astronomen meinen, oder ob wir im vergangenen Jahr eine andere, und zwar eine vom Centrum aus auf der entgegengesetzten Seite gelegene Stelle passirt haben, wie es nach den Berechnungen von Michéz der Fall sein würde. Im ersteren Falle hat der Meteoritenschwarm eine Umlaufszeit von 6.5 Jahren, und wir haben dann am 27. November 1898 wieder einen starken Andromedidenfall zu erwarten, nicht aber 1892. Nach Michéz' Berechnungen aber ging 1872 der Komet von Biela oder das Centrum der Meteoritenmasse, in die er sich aufgelöst hatte, schon am 6. September durch den niedersteigenden Knoten, so daß am 27. November schon 82 Tage vorüber waren; diesmal aber ging das Centrum erst am 26. Januar 1886 durch den Knoten, 60 Tage nach dem Sternschnuppenfall. Während wir also 1872 durch den hinter dem Centrum folgenden Theil des Schwarmes gingen, begegneten wir diesmal dem vorangehenden. Außerdem gingen wir diesmal näher dem Centrum durch den Meteoritenschwarm hindurch, wodurch die größere Häufigkeit der Sternschnuppen im vorigen November im Vergleich zu 1872 ihre einfache Erklärung finden würde. Ist nun Michéz' Rechnung richtig, so hat der Schwarm eine Umlaufszeit von 6.681 Jahren, was auf eine zwanzigjährige Periode führt, und wir hätten dann am 27. November 1892 wieder einen reichen Andromedidenfall zu erwarten. Nach Dr. Zenker¹⁾ ist diese Ansicht die wahrscheinlichere. Derselbe findet weiter, daß die durch den Zerfall des Kometen im Jahr 1846 nahe gelegte Vorstellung, als habe derselbe sich mehrfach getheilt und es bestehe daher der Sternschnuppenschwarm aus mehrfachen dichteren und weniger dichten Theilen, an Wahrscheinlichkeit verloren habe. Vielmehr habe man sich den Rest des Kometen zu denken als einen Schwarm, dessen Durchzug durch den absteigenden Knoten mindestens 0.36 Jahr = 131 Tage dauert, was an dieser Stelle einer Länge von etwa 60 Millionen Meilen entspricht. In

1) Astron. Nachr. Bd. 114, Nr. 2717, S. 75.

der Sonnennähe muß diese Länge wachsen, in der Sonnenferne proportional der Translationsgeschwindigkeit zusammenschrumpfen. Der Umstand, daß Bedülle in Kopenhagen, als er am 26. November vorigen Jahres nach dem erwarteten Meteoritenschwarm ausschaute, „nichts Verdächtiges“ fand ¹⁾, beweist nach Zenker, daß Biela's Komet jetzt überhaupt nicht mehr sichtbar ist. Wenn Gambart und Biela denselben schon in mäßigen Fernröhren als matten, runden Nebel mit hellerem Kern und kurzen Schweif erblickten, während er schon 1852 nur schwierig sichtbar war, so erklärt dies Zenker auf Grund der früher von ihm entwickelten Kometentheorie (vgl. dieses Jahrb. VIII, S. 36) aus der Erschöpfung des Vorraths an verdampfbarer Masse, welche früher in der Sonnennähe Kopf und Schweif bildeten. Es blieben nur die unverdampfbaren Theile übrig, die uns nur sichtbar werden, wenn sie als Sternschnuppen durch unsere Atmosphäre ziehen. So lange verdampfbare Masse da war, entwickelten sich in der Sonnennähe Nebel, die zum Theil Sonnenlicht reflectirten, zum Theil auch eigenes Licht ausstrahlten. Daneben aber war wahrscheinlich schon damals ein Schwarm dunkler Körper vorhanden; wenigstens hat neuerdings Schiaparelli den 1798 von Benzenberg beobachteten Sternschnuppenfall als dem Biela'schen Kometen angehörig erkannt. „Man hat also“, meint Zenker, „seit jener Zeit und wohl überhaupt niemals den ganzen Biela'schen Kometen gesehen, sondern immer nur den Theil, in welchem noch verdampfbare Masse neben den unverdampfbaren Theilen vorkam und diese vermuthlich zusammen hielt. Es war daher ein letztes Stadium vor der völligen Auflösung, als 1846 der Rest des Kometenkernes in zwei Stücke zerfiel“.

Virsterne.

Der neue Stern im Andromeda-Nebel. — Zu den interessantesten Objecten am nördlichen gestirnten Himmel gehört der große, nach G. Bond 4 Bogengrad lange und $2\frac{1}{2}$ Grad breite Nebel in der Nähe des Sternes γ im Gürtel der Andromeda, der in klaren dunklen Nächten für ein leid-

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2702, S. 231.

lich scharfes Auge auch unbewaffnet erkennbar ist. Im klassischen Alterthum unbekannt, wurde er in Europa, der gewöhnlichen Annahme nach, von dem Ansbacher Hofmathematicus Simon Marius am 15. December 1612 entdeckt; doch berichtet der Franzose Boulliaud¹⁾, daß schon vorher ein Ungeannter (Anonymus quidam) ums Jahr 1500 auf einer Karte des Sternbildes der Andromeda diesen Nebel durch Punkte angedeutet habe. Den Arabern war derselbe schon lange bekannt, und das Sternverzeichnis des persischen Astronomen Al Sufi (903—986) spricht von ihm als einem ganz bekannten Objecte. Boulliaud ist übrigens der Ueberzeugung, daß der Andromedanebel veränderlich sei: „Da er weder von Hipparch, noch sonst im Alterthum beobachtet worden, da er ferner im vorigen Jahrhunderte weder von dem Haupt der Astronomen, Tycho, noch zu unserer Voreltern Zeit von Bayer bemerkt worden und da er auch in diesem Monat November 1666, wo wir dies schreiben, nur schwach und trübe erscheint, während er vor zwei Jahren sehr hell leuchtete, so folgt nothwendig, daß er abwechselnd sichtbar ist und wieder verschwindet“. An einer anderen Stelle²⁾ erwähnt Boulliaud noch, daß nach längere Zeit andauerndem bewölktem Himmel und trüber Witterung der Nebel im Januar 1667 viel dunkler als im Jahr vorher erschienen sei; im Februar und März habe er ihn nicht gesehen. Es scheint nicht, daß spätere Beobachter irgend welche Veränderungen in dem Nebel bemerkt haben, wenn man absieht von einer Angabe im Astronomical Register vom Nov. 1882³⁾, der zufolge T. W. Webb von einem kleinen Stern in der Nähe des Kernes des Nebels vermuthet hat, daß er veränderlich sei, weil er denselben mehrfach sehr leicht mit einem $9\frac{1}{3}$ zölligen Reflector erkannt habe, während er zu anderen Zeiten nur schwierig sichtbar gewesen.

1) Ismaelis Bullialdi ad Astronomos monita duo. Primum de stella nova, quae in Collo Ceti ante annos aliquot visa est. Alterum, de nebulosa in Andromeda cinguli parte Borea ante biennium iterum orta. Parisiis 1667. Auf die Angaben Boulliaud's in diesem jetzt sehr seltenen Buche hat Charlier in den Astron. Nachr. Bd. 112, Nr. 2687, S. 391 aufmerksam gemacht.

2) Philos. Transactions 1667, p. 459.

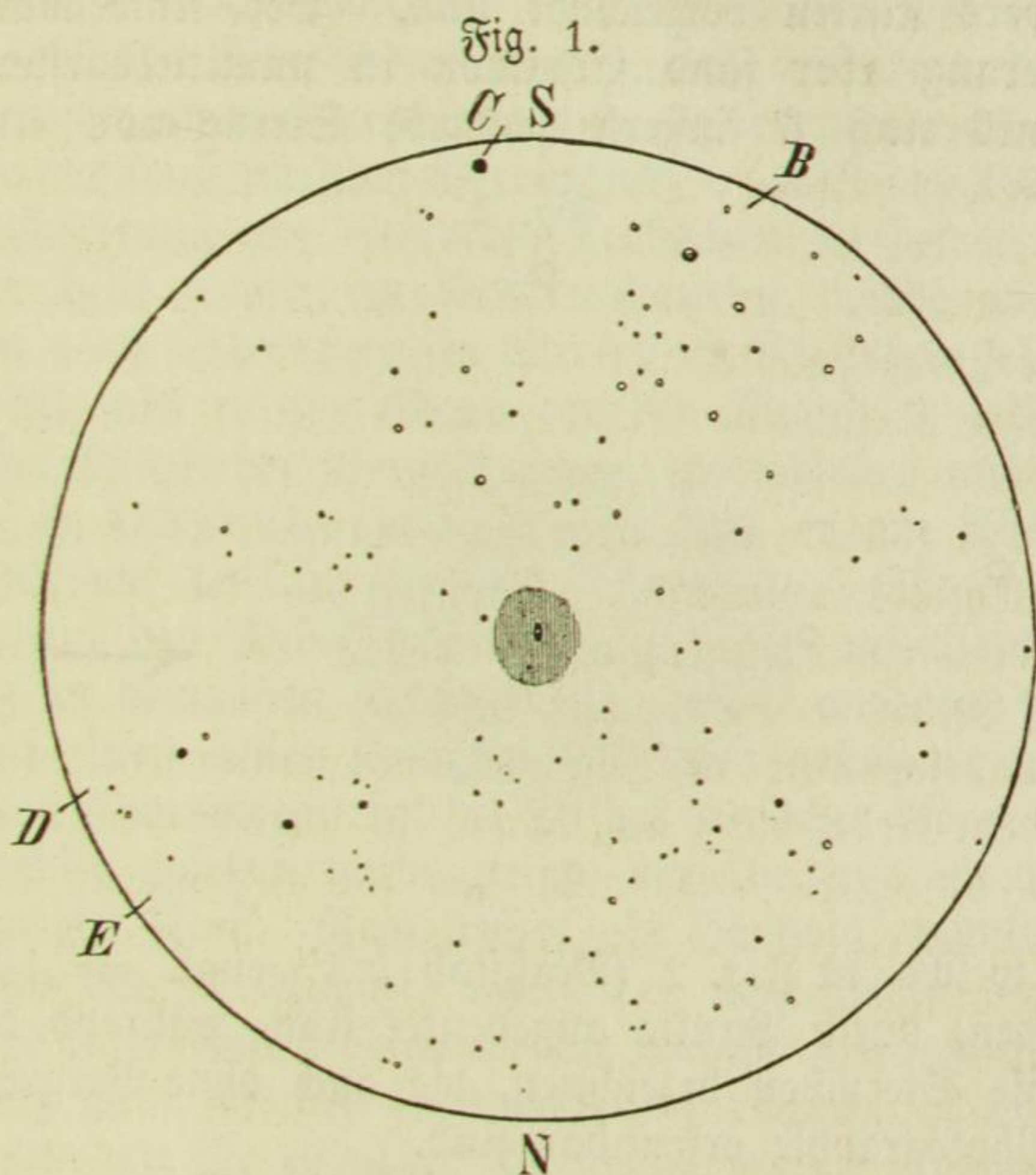
3) Citirt in Gore, Catalogue of suspected variable stars. Dublin 1885.

Was den Bau dieses Nebels anlangt, so hebt Marius ausdrücklich hervor, daß sich im Fernrohr nichts sternartiges in demselben zeige, wodurch er sich von den Nebelsternen des Krebses und anderen nebeligen Haufen unterscheide. Man erkenne nur einen weißlichen Schein, der heller in der Mitte, schwächer gegen die Ränder hin sei. Dominique Cassini, der gegen Ende des siebzehnten Jahrhunderts diesen Nebel wie den des Orion einer sorgfältigen Erforschung unterwarf, glaubte allerdings in dem ersteren Sterne erkannt zu haben, die man nicht mit schwachen Fernröhren sieht; gleichwohl ist in der Zeit der großen Reflectoren der Andromedanebel nicht aufgelöst worden und noch John Herschel bemerkt, daß selbst ein Spiegelteleskop von 18 Zoll (45.7 cm) Spiegeldurchmesser keine Spur von der Anwesenheit eines Sternes ahnen lasse. Erst George Bond gelang es¹⁾, im März 1848 mit dem 14 zölligen Refractor der Sternwarte von Cambridge in Massachusetts innerhalb der Grenzen des Nebels gegen 1500 kleine Sterne zu erkennen, ohne indessen den Nebel selbst aufzulösen. Wenn es nun auch nicht gewiß, ja vielleicht nicht einmal wahrscheinlich ist, daß die von Bond gesehenen Sterne wirklich dem Nebel selbst angehören, so betrachtet man es doch meist als durch die Ergebnisse der spectroscopischen Untersuchung festgestellt, daß der Andromedanebel aus einzelnen Sternen zusammengesetzt ist und nicht aus einer glühenden Gasmasse besteht, wie die Gasnebel oder planetarischen Nebel. Während nämlich das Spectrum der letzteren aus einzelnen hellen Linien zusammengesetzt ist, von denen drei im Blau und Grün gelegene (Wellenlänge 500.4, 495.8, 486.1 Milliontelmillim.) am auffallendsten sind, hat der Andromedanebel ein continuirliches Spectrum gleich einem Fixstern.

Der Nebel selbst läßt in seinem centralen Theil eine sternartige Verdichtung erkennen, etwa von 10. bis 11. Größe. Außerdem aber hat man in neuerer Zeit in kräftigen Fernröhren noch eine große Anzahl von kleinen Sternen innerhalb der Grenzen des Nebels wahrgenommen. So hat Trouvelot im Jahre 1874 mit dem großen Clark'schen Refractor der Sternwarte zu Cambridge in den Vereinigten Staaten

1) An account on the nebula in Andromeda in den Memoirs of the American Academy, t. III, 1848.

nicht weniger als 1283 Sterne 10. bis 17. Größe beobachtet und auf der Karte verzeichnet.¹⁾ Derselbe glaubt aber, daß diese Sternchen der Milchstraße angehören, die seiner Ansicht nach sich noch über den Andromedanebel hinaus erstreckt. Es sollen nämlich diese zahlreichen kleinen, dicht zusammen gedrängten Sternchen an den Anblick erinnern, den die Milch-



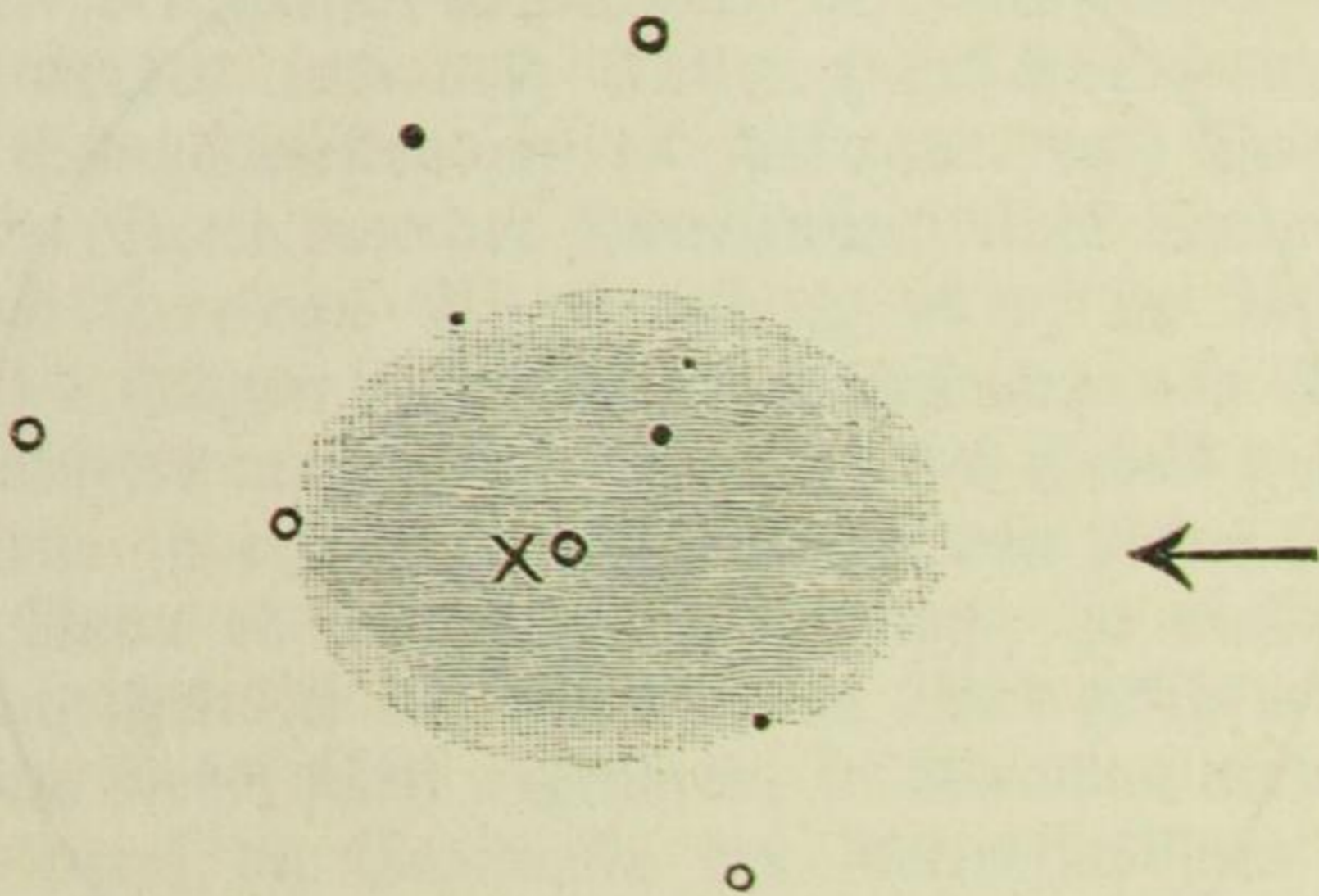
straße in stark vergrößernden Fernröhren darbietet, und außerdem will Trouvelot gefunden haben, daß diese Sternchen in dem Maße, wie sie weiter entfernt sind von den bekannten Grenzen der Milchstraße, kleiner werden und weniger dicht stehen.²⁾ Auch auf photographischen Abbildungen des Nebels kann man zahlreiche Sternchen erkennen. Unsere Fig. 1 giebt beispielsweise (im Maßstabe 0.1'' engl. = 100 Bogensekunden) eine solche Abbildung wieder, welche Common am Abend

1) Comptes rendus, T. 101, p. 799 (1885 Oct. 26); die Karte ist im 8. Bd. der Annalen des Harvard College Observatory, 1. Theil, veröffentlicht.

2) Comptes rendus T. 101.

des 16. August 1884 durch eine 30 Minuten dauernde Exposition erhalten hat.¹⁾ Den Nebel selbst giebt sie nur bis zu etwa 2 Bogenminuten Abstand vom Kern wieder; aber innerhalb eines Kreises von 20 Minuten Halbmesser rings um den Kern sind ohne Vergrößerung 124 Sterne erkennbar, von denen die hellsten, mit B, C, D, E bezeichneten, auch auf Argelanders Karten verzeichnet sind. Bei Anwendung von Vergrößerung aber fand Common in unmittelbarster Nähe des Kernes noch 6 äußerst schwache Sterne von etwa 15.

Fig. 2.



Größe, welche in Fig. 2 (Maßstab 0.4'' engl. = 100 Bogensecunden) durch Punkte angedeutet sind, während die kleinen Kreise Sternchen bezeichnen, die auch ohne Vergrößerung in der Photographie erkennbar sind.

Wir kommen nun zu dem auffallenden Vorgang, der sich im August 1885 innerhalb des Nebels ereignete.

Am Abend des 31. August, 10 Uhr 38 Min., empfing nämlich die Centralstelle für astronomische Nachrichten in Kiel ein von Dr. Hartwig in Dorpat abgeschicktes Telegramm²⁾: „Höchst merkwürdige Veränderung des großen Andromedanebels. Fixsternartiger Kern siebenter Größe“. Noch an demselben Abende konnte in Kiel die Richtigkeit der Meldung Hartwigs bestätigt werden. Dieser hatte zuerst am 20. August

1) Nature, p. 522 (1 Oct. 1885).

2) Astron. Nachr. Bd. 112, Nr. 2678, S. 245; Nr. 2681, S. 285; Nr. 2685, S. 355.

als er den 9 zölligen Refractor der Dorpater Sternwarte auf den Nebel richtete, bei 100 facher Vergrößerung einen goldgelben sternartigen Kern bemerkte, ohne aber dieser Wahrnehmung besonderes Gewicht beizulegen, weil er glaubte, das Mondlicht schwäche den Nebel erheblich und lasse die Centralpartie deutlicher hervorheben. Erst am 27. gestattete die Witterung eine neue Beobachtung, und jetzt erschien der Nebel in einem 3-zölligen Merz'schen Tubus „ganz verändert, die helle Mitte nur schwach wahrnehmbar und ein Stern etwa 7. Größe an Stelle der sonst stärksten Verdichtung“. Erst am 29. konnte diese Beobachtung am Refractor beobachtet werden.

Der helle Stern im Andromedanebel wurde auch vom Freiherrn von Spießen in Winkel im Rheingau selbstständig entdeckt, als er am Abend des 30. August 9 $\frac{1}{4}$ Uhr den Nebel bei 180 facher Vergrößerung beobachtete, und ebenso war Dr. H. Dppenheim in Berlin, als er am Abend des 31. August um 10 Uhr 20 Min. seinen 3 $\frac{1}{2}$ -zölligen Kometensucher auf den Nebel richtete, durch die auffallende Veränderung in demselben so überrascht, daß er anfangs glaubte, er sei auf einen hellen Kometen mit Kern gestoßen; während er sonst den Andromedanebel bei 20 bis 30 facher Vergrößerung immer neblig gesehen hatte, zeigte derselbe jetzt einen hellen fixsternartigen Kern. Noch früher als Hartwig, nämlich schon am Abend des 19. August, wurde der neue Stern von Isaac W. Ward in Belfast beobachtet; die früheste Beobachtung aber scheint von Prof. Gully in Rouen herzurühren. Dort besteht eine Sternwarte für populäre Belehrung, die ein Foucault'sches Spiegelteleskop von 0.20 m Oeffnung besitzt. Als nun Gully am Abend des 17. August dieses Instrument auf den Andromedanebel richtete, erblickte er zu seiner Verwunderung an Stelle des Kernes einen Stern. Er machte verschiedene Personen auf diesen Umstand aufmerksam, schrieb aber doch die Erscheinung einem optischen Fehler des Instrumentes zu, das nicht ganz befriedigte, und erst die anderweitigen Berichte riefen ihm später seine Beobachtung ins Gedächtniß zurück.¹⁾

Das Ausleuchten des neuen Sternes muß jedenfalls zwischen dem Abend des 16. und dem des 17. August stattge-

1) Ciel et Terre, Nr. 15 (1 Oct. 1885); vgl. Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2691, S. 45.

funden haben. Am Abend des 16. August gegen 10 Uhr zeigte nämlich Dr. Engelmann in Leipzig den Andromedanebel mehreren befreundeten Personen im Kometensucher, ohne etwas Auffallendes wahrzunehmen; der Stern war also damals schwächer als 8. bis 9. Größe. An demselben Abende beobachtete auch Max Wolf in Heidelberg den Nebel ohne etwas Neues an ihm zu bemerken, während er am 25. den Stern 6. Größe wahrnahm, der mit der Nebelhülle ganz den Anblick eines fernen Kometen darbot. In Fig. 2 bezeichnet ein Kreuz den Ort des neuen Sternes. „An dieser besonderen Stelle“, bemerkt Common, „ist nicht die geringste Andeutung eines Unterschiedes in der regelmäßigen Schattirung des abgelagerten Silbers von dem dichteren Theile des Kernes nach dem matten Rande hin“.

Wie schon diese Photographie zeigt, erschien der neue Stern nicht genau an der Stelle des schon vorher vorhandenen Kernes, für welchen Dr. Engelmann in Leipzig aus früheren Meridianbeobachtungen die nachstehenden, auf das mittlere Aequinoctium von 1875.0 bezogenen Werthe der Rectascension α und Declination δ bestimmt hat: ¹⁾

$$\alpha = 0^{\text{h}} 35^{\text{m}} 55.34^{\text{s}}, \quad \delta = +40^{\circ} 34' 59.9''.$$

Durch mikrometrische Vergleichung hat derselbe Beobachter gefunden, daß der neue Stern 3.9 Bogensekunden südlich vom Kern stand und demselben um 1.38 Secunden vorausging (westlich von ihm stand).

Seit Anfang des September ist nun der neu erschienene Körper, der sich durchaus wie ein Fixstern darstellte, von zahlreichen Astronomen beobachtet worden. Leider war derselbe damals, als sich die allgemeine Aufmerksamkeit auf ihn lenkte, schon stark im Abnehmen begriffen, und daher ist namentlich die spectroscopische Untersuchung ziemlich schwierig gewesen und hat auch keine nennenswerthen Resultate ergeben. Das Spectrum war continuirlich, doch mit etwas anderer Vertheilung der Farben als sonst in Sternspectren, indem Roth und Gelb besonders stark hervortraten, Grün aber verhältnißmäßig schwach war. Vogel vermuthete am 1. und 2. September an der Grenze von Gelb und Grün eine verwaschene dunkle Bande

1) Astron. Nachr. Bd. 112, Nr. 2683, S. 323.

und eine ebensolche zwischen F und G, beide nicht sehr breit; auch hatte er damals einigemal den Eindruck, als ob im Roth und besonders im Gelb helle Linien vorhanden wären. Die von anderer Seite ausgesprochene Vermuthung, daß das Spectrum der Classe III^b (vgl. dieses Jahrb. XX, S. 74) angehöre, hält Vogel für nicht zutreffend. Verschiedene Beobachter haben geglaubt, daß mit dem Ausleuchten des neuen Sternes auch merkliche Veränderungen in dem Nebel selbst verbunden gewesen seien; indessen hat sich nichts derartiges mit einiger Sicherheit nachweisen lassen, und manche Eigenthümlichkeiten im Aussehen dieses Objectes lassen sich ungezwungen dadurch erklären, daß der neue Stern durch seinen Glanz seine Umgebung und so auch den eigentlichen Nebelkern verdunkelt hat. An dem neuen Stern selbst war die auffälligste Veränderung die rasche Lichtabnahme, die ihn schnell für das bloße Auge und bald auch für nicht sehr kraftvolle Instrumente unsichtbar werden ließ. Genauere Messungen dieser Abnahme sind von Charlier in Upsala, sowie von Wilking und Müller auf dem astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam mit Zöllner'schen Photometern ausgeführt worden.¹⁾ Den Potsdamer Messungen zufolge war der Stern

am	2. Sept.	8 ^h	30 ^m	. . . . .	7.95.	Größe
=	3.	=	8	54	. . . . .	8.16 =
=	9.	=	11	24	. . . . .	8.46 =
=	10.	=	1	47	. . . . .	8.61 =
=	12.	=	10	28	. . . . .	8.92 =
=	15.	=	8	54	. . . . .	9.06 =
=	16.	=	8	54	. . . . .	9.19 =
=	17.	=	7	39	. . . . .	9.03 =
			7	55	. . . . .	8.97 =
			8	37	. . . . .	9.00 =
			9	41	. . . . .	9.06 =
=	20.	=	7	55	. . . . .	9.19 =
=	21.	=	9	52	. . . . .	9.36 =
=	29.	=	8	39	. . . . .	9.50 =
=	10. Octbr.	=	6	58	. . . . .	9.93 =
=	13.	=	6	53	. . . . .	10.04 =

1) Vgl. Charlier in den Astron. Nachr. Bd. 112, Nr. 2687, S. 389 und Bd. 113, Nr. 2698, S. 165; Müller Nr. 2690, S. 23. Jahrb. der Erfindgn. XXII.

Gegen den 16. September schien eine Verlangsamung in der Lichtabnahme einzutreten. Am 22. October war der Stern schon so schwach, daß seine photometrische Beobachtung am Grubb'schen Refractor von 207 mm Oeffnung schwierig wurde. Mitte Februar 1886 stand er für den großen Refractor zu Cambridge in den Vereinigten Staaten an der Grenze der Sichtbarkeit.

Was auch die Ursache des plötzlichen Ausleuchtens eines Sternes sein mag, jedenfalls wird man annehmen müssen, daß die Oberflächentemperatur des ausflodernden Weltkörpers plötzlich um eine enorme Quantität gestiegen ist und daß infolge davon auch seine Helligkeit eine ebenso plötzliche und außerordentliche Vergrößerung erfahren hat. Nach der Katastrophe wird dann als Abkühlungsphänomen eine Abnahme der Lichtintensität eintreten, welche letztere man einer Potenz der Temperatur proportional annehmen kann. Seeliger hat nun mit Benutzung Riemann'scher Formeln untersucht, ob die von Müller gefundenen Zahlen mit dieser Vorstellung in Einklang sind ¹⁾, und dabei gefunden, daß sich die Müller'schen Beobachtungen nahe gleich gut durch sehr verschiedene Potenzen der Temperatur darstellen lassen. Da die ganze Untersuchung sich auf die Annahme gründet, der kugelförmige Körper sei homogen im Bezug auf Wärmeleitung und habe anfänglich durchgehend dieselbe Temperatur, so kommt Seeliger durch die befriedigende Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung zu dem Schlusse, daß die Katastrophe, welche das Ausleuchten des Sternes bewirkt hat, wahrscheinlich eine sehr durchgreifende gewesen ist, welche den größten Theil der Masse des Sternes in Mitleidenschaft gezogen hat. Da die Spectralanalyse keine ganz bestimmt deutbare Beobachtungen geliefert hat, so läßt sich zwar, so meint Seeliger, mit Sicherheit nicht viel mehr behaupten; er möchte aber doch als nicht ganz unwahrscheinlich die Hypothese hinstellen, daß der Andromedastern durch einen plötzlichen Zusammenstoß die ganz enorme Wärmezufuhr erlangt habe, die das Ausleuchten herbeiführte. Innerhalb eines aus unzähligen schwachen Sternen bestehenden Sternhaufens sind jedenfalls Zusammenstöße

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2710, S. 353.

einzelner Massen viel wahrscheinlicher als in sternarmen Gegenden des Himmels.

Anderer Astronomen halten freilich dafür, daß der neue Stern gar nicht zum Andromedanebel gehört, sondern nur von unserem Standpunkte aus innerhalb der Grenzen desselben sichtbar wurde. So findet Hasselberg¹⁾ einen physischen Zusammenhang des Sterns mit dem Nebel „in hohem Grade unwahrscheinlich. Eine solche Annahme hätte nur in dem Falle mit einigem Recht gemacht werden können, wenn der Stern mit dem alten Verdichtungscentrum des Nebels seinem Ort nach völlig identisch gewesen wäre, statt in auffälliger Weise davon getrennt zu sein“. Auch Trouvelot stellt die Zusammengehörigkeit des neuen Sternes mit dem Nebel in Abrede; übrigens fand derselbe bei Vergleichung seiner Karte von 1874 mit dem gegenwärtigen Anblick des Nebels, wie er sich in einem Fernrohr von nur 8 Zoll Oeffnung darstellt, noch einen kleinen, früher nicht mit verzeichneten Stern 13. oder 14. Größe, der dem hellen Stern etwa 20 Secunden vorausging. Nach Trouvelot's Meinung gehören beide der Milchstraße an.

Der neue Stern im Orion. — Am Abend des 13. December 1885, 9 Uhr 20 Min. entdeckte J. E. Gore in Beltra=Ballysodare, in Irland, etwa 20 Bogenminuten östlich von dem Stern 5. Größe χ^1 in der Keule des Orion einen röthlichen Stern von ungefähr 6. Größe, der in den Sternverzeichnissen von Harding, Lalande, Heis und Birmingham fehlt, und von dem er daher muthmaßte, daß derselbe neu oder veränderlich sei. Am 16. wurde er auf Lord Crawford's Sternwarte zu Dun Echt beobachtet, später, nachdem die Nachricht von seiner Entdeckung verbreitet worden, auch anderwärts. Vogel auf dem astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam, der am 26. December bei ausgezeichneter Luft das Spectrum dieses Sternes untersuchte, beschreibt dasselbe als ein schön ausgeprägtes Spectrum der Classe III a, in dem sich viele dunkle Banden mit Leichtigkeit erkennen lassen; besonders auffallend ist ein dunkler Absorptionsstreifen, dessen Grenzen die Wellenlängen von 503 und 496 Million-

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2690, S. 19.

telmillimeter haben. Wie bei anderen sehr stark ausgeprägten Spectren dieser Classe, hat man auch beim Spectrum dieses Sternes, wenn man mäßige Zerstreung anwendet, den Eindruck, als sei dasselbe von einzelnen hellen Linien durchsetzt, welcher Eindruck aber blos eine Folge des Contrastes von sehr dunkeln Banden und schmalen linienarmen Theilen des Spectrums ist. Folgendes sind die Ergebnisse der Messungen, die Bogel mit einem Spectralapparat von mittlerer Zerstreung ausgeführt hat:

Wellenlänge.

1. 588·8 Dunkler breiter Streifen.
2. 581·4 Helle Stelle, den Eindruck einer hellen Linie machend.
3. 544·1 Ende einer ziemlich dunkeln, nach Roth verwaschenen Bande.
4. 541·3 Helle linienartige Stelle im Spectrum.
5. 517·3 Ende einer sehr dunkeln, nach Roth verwaschenen Bande.
6. — Dicht auf die vorige Bande folgend, eine helle Stelle, die ganz den Eindruck einer hellen Linie hervorbringt.
7. 496·8 Ende der dunkelsten breiten Bande.
8. 494·4 Helle schmale Stelle im Spectrum, wie eine helle Linie ausleuchtend.
9. 475·1 Helle linienartige Stelle, einer dunkeln Bande folgend. Vor der ersten Bande war noch im Roth ein breiter dunkler Streifen erkennbar, und auf die letzte gemessene Stelle folgten noch einige dunkle Streifen.

Nach Vollendung dieser Messungen hat Bogel auch mit demselben Apparate die Hauptlinien und einige der besonders hell erscheinenden Stellen im Spectrum der Beteigeuze (α Orionis) gemessen, wobei er das folgende Resultat erhielt:

Wellenlänge.

1. 589·2 D-Linien, die sich deutlich von einer breiten dunkeln Bande abheben.
2. 580·4 Eine auffallend helle schmale Stelle im Spectrum.
3. 544·9 Ende einer Gruppe dicht stehender Linien.
4. 541·8 Sehr heller schmaler Streifen im Spectrum.
5. 516·6 Magnesiumlinien, die das Ende einer Gruppe von sehr eng stehenden Linien bilden.

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2704, S. 267.

Wellenlänge.

6. 515·3 Linienartig ausleuchtende Stelle, sehr intensiv und auffallend.
7. 496·1 Ende einer in Linien auflösbaren Bande.
8. 494·7 Helle Stelle, linienartig.
9. 475·1 Helle Stelle, sehr schmal linienartig, vorher eine dunkle Bande.

Die Abwesenheit heller Linien unterscheidet den neuen Stern im Orion wesentlich von früher erschienenen temporären Sternen. Der Stern T in der Krone, welcher 1866 aufleuchtete, sowie auch der 1876 von Schmidt im Schwan entdeckte, zeigten beide zur Zeit ihres größten Glanzes ein Spectrum mit dunkeln Linien, von dem sich einige helle Linien abhoben, nämlich beim ersten die des Wasserstoffes, beim zweiten die des Wasserstoffes, Natriums und Magnesiums, sowie die grüne Linie der Gasnebel. Diese Linien sind allmählich verblaßt, und heutzutage giebt der Stern T in der Krone, ein Stern 9·5. Größe, ein continuirliches Spectrum, der Stern im Schwan aber zeigt bloß die grüne Nebellinie. Da der neue Stern im Orion keinerlei helle Spectrallinien gezeigt hat, so haben wir es bei ihm wohl nicht mit einem temporären Stern, der uns durch plötzliche Entzündung von Gasen sichtbar geworden ist, zu thun, sondern wohl nur mit einem veränderlichen Stern, der bis jetzt unbemerkt geblieben war, was um so wahrscheinlicher ist, als er auch zur Zeit seines größten Glanzes an der Grenze der Sichtbarkeit für das bloße Auge stand.

Photometrische Messungen¹⁾, welche auf der Sternwarte des Harvard = Collegs zu Cambridge in Massachusetts von E. C. Pickering und D. C. Wendell ausgeführt wurden, zeigen, daß die Helligkeit des Sternes in der Zeit vom 16. December bis 28. Februar von 6·12 bis 8·55. Größe abgenommen hat. Auf derselben Sternwarte wurde auch am 7. November 1885 eine Photographie der Gegend gewonnen, in welcher der Stern steht. Da er sich auf dieser nicht erkennen läßt, so ist er jedenfalls damals unter 7. Größe gewesen.

Die Vertheilung der Sterne auf der nördlichen Halbkugel ist auf Grund der „Bonner Durchmusterung“

1) Astron. Nachr. Bd. 114, Nr. 2728, S. 283.

„rung“ von Prof. Seeliger in München näher untersucht worden. Derselbe findet als Gesamtzahl der Sterne:

von der Größe	1·0	bis	6·5	. . . . .	4120
=	=	=	6·6	=	7·0 3887
=	=	=	7·1	=	7·5 6054
=	=	=	7·6	=	8·0 11168
=	=	=	8·1	=	8·5 22898
=	=	=	8·6	=	9·0 52852
=	=	=	9·1	=	9·8 213973

zusammen: 314952

Dazu kommen noch 126 in der „Durchmusterung“ als Veränderliche oder als Nebel aufgeführte Objecte, so daß die Gesamtzahl aller Objecte 315078 beträgt.

Die von ihm zusammengestellten Tabellen, welche die Vertheilung der Sterne am Himmel zeigen, hat Seeliger u. a. benutzt, um zu untersuchen, wie sich in den Zahlen dieser Tabellen der Verlauf der Milchstraße ausspricht. Der Einfluß der Milchstraße tritt in der That in noch größerer Deutlichkeit zu Tage, als ursprünglich vermuthet wurde. Bei dieser Untersuchung wurde der nördliche Himmel in 8 Zonen getheilt, deren erste begrenzt ist von dem Parallelkreis, welcher den Nordpol der Milchstraße (Rectasc. 12 Std. 49 Min., Declin. $+27^{\circ} 30'$) in einem Abstand von 20° umgiebt; die zweite Zone geht bis 40° Polabstand zc., die fünfte Zone ist also diejenige, welche die Milchstraße enthält. Es ergiebt sich nun, daß auf einen Quadratgrad durchschnittlich folgende Anzahl von Sternen der obigen sieben Klassen kommen:

Zone	1·0—6·5 Gr.	6·6—7·0 Gr.	7·1—7·5 Gr.	7·6—8·0 Gr.	8·1—8·5 Gr.	8·6—9·0 Gr.	9·1—9·5 Gr.	6·6—9·5 Gr.
1	0·1491	0·1266	0·2202	0·3396	0·7092	1·5128	5·5988	8·5070
2	0·1547	0·1306	0·2109	0·3564	0·7455	1·6012	5·9041	8·9488
3	0·1730	0·1590	0·2542	0·4283	0·8656	1·9168	7·3987	11·0225
4	0·2139	0·2024	0·3047	0·6144	1·2164	2·8833	11·5255	16·7665
5	0·2707	0·2396	0·4247	0·8411	1·6904	3·9603	17·3920	24·6023
6	0·2468	0·2310	0·3578	0·6493	1·3514	3·1255	13·2100	18·9248
7	0·1549	0·1252	0·1985	0·4041	0·8810	2·0888	7·8917	11·5892
8	0·1157	0·0926	0·1493	0·3131	0·7810	2·0878	6·7652	10·1898

Die Zunahme der Sterndichte mit der Annäherung an die Milchstraße springt noch deutlicher in die Augen, wenn

man die Dichte in der fünften Zone als Einheit annimmt. Man erhält dann folgende Zahlen:

Zone	1.0—6.5 Gr.	6.6—7.0 Gr.	7.1—7.5 Gr.	7.6—8.0 Gr.	8.1—8.5 Gr.	8.6—9.0 Gr.	9.1—9.5 Gr.	6.6—9.5 Gr.
1	0.5507	0.4311	0.5185	0.4037	0.4195	0.3820	0.3219	0.3458
2	0.5716	0.4447	0.4967	0.4237	0.4410	0.4044	0.3395	0.3637
3	0.6389	0.5416	0.5987	0.5092	0.5121	0.4840	0.4254	0.4480
4	0.7901	0.6983	0.7646	0.7305	0.7196	0.7280	0.6627	0.6815
5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
6	0.9116	0.7870	0.8424	0.7720	0.7995	0.7892	0.7595	0.7692
7	0.5720	0.4266	0.4673	0.4805	0.5211	0.5274	0.4538	0.4711
8	0.4276	0.3154	0.3517	0.3729	0.4620	0.5272	0.3890	0.4142

Als Maß für die Zunahme der Dichtigkeit in den einzelnen Classen bedient sich Seeliger des sogenannten Gradienten. Darunter versteht er die mit 7 dividirte Summe der Differenzen zwischen den einzelnen Columnen voriger Tabelle und der Einheit. Dieser Gradient ist für die Sterne

1.0—6.5 Gr. . . .	0.3625	8.1—8.5 Gr. . . .	0.4465
6.6—7.0 = . . .	0.4806	8.6—9.0 = . . .	0.4511
7.1—7.5 = . . .	0.4229	9.1—9.5 = . . .	0.5211,
7.6—8.0 = . . .	0.4725		

und für die Gesammtheit aller Sterne 6.6—9.5 Größe 0.5009. Im Ganzen ist also der Gradient für die teleskopischen Sterne von 6.6—9.5 Größe ziemlich gleich, dagegen für die dem bloßen Auge sichtbaren 1.0—6.5 Größe erheblich geringer. Was die mit freiem Auge sichtbaren Sterne anlangt, so findet Seeliger aus dem Houzeau'schen Verzeichniß für die der drei ersten Größenklassen den Gradienten 0.3375, für die Sterne 4. bis 6. Größe aber 0.1909. Insofern diese Zahlen wesentlich kleiner sind als die für die teleskopischen Sterne gefundenen, stimmt dieses Resultat nicht mit dem vorigen überein, und es scheint also in der angegebenen Hinsicht ein wesentlicher Unterschied zwischen den mit bloßem Auge sichtbaren und den teleskopischen Sternen zu bestehen. Wenn man aus der Constanz des Gradienten für die Sterne von der Größe 6.6—9.5 schließen dürfte, daß auch die noch schwächeren Sterne dasselbe Verhalten zeigen, so hätten wir uns das Sternsystem, dem unsere Sonne angehört, nicht als eine flache Scheibe zu denken, sondern wir müßten

annehmen, daß dasselbe mehr oder weniger kugelförmig geordnet ist, daß aber in der Nähe der Ebene der Milchstraße die Sterne dichter stehen als in anderen Gegenden.

Doppelsterne. — Wie Burnham im Jahr 1873 entdeckte, besitzt der Hauptstern in dem Sternpaar β des Delphin (Distanz $32''$) einen dicht dabei stehenden Begleiter, an dem man im Laufe der nächsten Jahre eine sehr rasche Bewegung bemerkte. Bis jetzt hat dieser Begleiter einen Bogen von mehr als 180° beschrieben, und man hat daher seine Bahn nunmehr mit ziemlicher Sicherheit bestimmen können. Nach Dubiago beträgt die Umlaufszeit 26.07 Jahr und der Begleiter ging 1882.19 durch sein Periastron; die halbe große Achse der Bahn ist $0.55''$. Gore findet eine Umlaufszeit von 30.91 Jahren, er setzt den Durchgang durchs Periastron auf 1882.25 und bestimmt die große Halbachse zu $0.517''$. Nach Gore's Elementen würde die Entfernung des Begleiters vom Hauptstern ihren kleinsten Werth, $0.192''$, in der Epoche 1879.91 erreicht haben, und in der That konnte Burnham im Laufe des Jahres 1879 mit dem $18\frac{1}{2}$ zölligen Refractor der Dearborn-Sternwarte die beiden Sterne nicht trennen.

Den durch seine beträchtliche Eigenbewegung von jährlich $5''$ ausgezeichneten Stern 61 im Schwan, von welchem auch bekanntlich zuerst eine Parallaxe ermittelt worden ist, hat schon Bradley als einen Doppelstern erkannt. Er besteht nämlich aus einem Hauptstern 5.3 Größe und einem Begleiter von der Größe 5.9 , beide goldgelb. Obwohl nun dieser Doppelstern seit Bradley's Zeit vielfach beobachtet worden ist und nicht unbeträchtliche Aenderungen des Abstandes beider Componenten (nach Bradley $1753.8 : 19.65''$, dagegen nach W. Struve $1828.7 : 15.47''$, $1878.6 : 20.02''$) sowie des Positionswinkels, d. h. der Richtung der Verbindungslinie beider Componenten, constatirt worden sind, so hat es doch bis in die neueste Zeit nicht gelingen wollen, mit einiger Sicherheit Bahnelemente abzuleiten. Dies rührt daher, daß die bisher beobachtete scheinbare Bahn des Begleiters wenig von einer geraden Linie abweicht, und daß die Richtungsänderungen sich ziemlich gut durch die Annahme einer gleichförmigen Bewegung erklären lassen. Wie W. Struve bemerkt hat, reichten vor etwa

30 Jahren die Beobachtungen überhaupt noch nicht zum Nachweis einer merklichen Abweichung der Bahn von einer geraden Linie aus. Wenn Bessel schon früher einen beiläufigen Werth vor 540 Jahren für die Umlaufszeit angegeben hat, so hat er sich nur auf die Wahrnehmung gestützt, daß der Positionswinkel sich im Mittel um $40'$ jährlich ändert. Erst in den letzten Jahrzehnten haben die Beobachtungen Andeutungen einer geringen Krümmung der Bahn geliefert. Neuerdings hat nun Prof. C. F. W. Peters in Kiel eine elliptische Bahn berechnet, welche in der That die zahlreichen Beobachtungen bis zum Jahr 1883 mit ziemlicher Genauigkeit darstellt.¹⁾ Diese Bahn ist eine Ellipse mit der Excentricität 0.1736 , der großen Halbachse $29.48''$ und der Umlaufszeit von 782.6 Jahren. Ein Minimum des Abstandes beider Componenten im Betrag von $15.04''$ fand 1801.45 statt, das nächste Maximum $= 30.8''$ wird im Jahr 2030, das folgende Minimum $= 10.8''$ im Jahr 2224 und abermals ein Maximum $= 27.6''$ im Jahr 2390 stattfinden; für 1886.0 beträgt die scheinbare Entfernung $20.71''$, der Positionswinkel $120^{\circ} 7'$.

Bei diesem Sternpaar ist es möglich, nach Ermittlung der Bahn auf Grund der ausgeführten Parallaxen-Bestimmungen einen angenäherten Werth für die Summe der Massen beider Componenten zu berechnen. Nimmt man für die Parallaxe den von D. Struve gefundenen Werth $0.54''$, so ergiebt sich als Masse 0.266 , während man mit Peters' Werth $0.37''$ die Zahl 0.826 erhält. Im Mittel ist also die Masse beider etwa die Hälfte der Sonnenmasse, während die Entfernung beider Componenten diejenige der Erde von der Sonne etwa 70 mal und die des Neptun von der Sonne $2\frac{1}{2}$ mal übertrifft. Ueber die Vertheilung der Masse auf beide Componenten läßt sich heutzutage nichts sagen.

Spectroskopische Durchmusterung des nördlichen gestirnten Himmels. — Wie bereits im Jahrg. XX dieses Jahrb. erwähnt worden ist, haben seit 1878 Vogel in Potsdam und Dunér in Lund nach einem gemeinsamen Plane eine spectroskopische Untersuchung aller Sterne des nördlichen gestirnten Himmels bis herab zur 7. Größe unternommen.

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2708/9, S. 321.

Nachdem Vogel im Jahr 1883 einen Theil seiner Arbeit in den „Publicationen des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam“ (Nr. 11) veröffentlicht hat, ist nun auch von Dunér eine auf diesen Gegenstand bezügliche Abhandlung erschienen.¹⁾

Die Sterne mit Bandenspectrum, welche den Vogel'schen Typus III bilden, während Secchi sie in Typus III und IV unterscheidet, zerfallen bekanntlich in zwei scharf bestimmte Classen. Für die erste Classe (Vogel's Typus IIIa) bildet α im Orion oder Beteigeuze ein gutes Beispiel: das Spectrum dieses Sternes erster Größe zeigt eine Reihe von sieben oder acht gut ausgeprägten dunkeln Banden, die alle scharf begrenzt sind auf der Seite des Violett, während sie nach der andern Seite hin allmählich verblässen, so daß das Ganze den Eindruck einer von der Seite stark beleuchteten Colonnade macht. Für den Typus IIIb dagegen, dem nur schwächere rothe Sterne angehören, bietet der Stern 6. Größe in der Hydra, Nr. 152 in Schjellerup's Katalog rother Sterne (in den Astron. Nachr. Nr. 1591), den Secchi wegen der außerordentlichen Lebhaftigkeit seiner prismatischen Farben „La Superba“ genannt hat, ein Beispiel. In dem Spectrum dieses Sternes treten bloß drei deutliche dunkle Banden auf, aber sie sind reichlich doppelt so breit, als bei Beteigeuze und die Intensitätszunahme erfolgt gerade umgekehrt: die Dunkelheit nimmt zu nach der Seite des Roth, wo sie plötzlich aufhört. Als Vogel seinerzeit den dritten und vierten Secchi'schen Typus vereinigte und aus beiden Unterabtheilungen seines dritten Typus bildete, wurde er durch theoretische Ansichten über die allmähliche Entwicklung der Fixsterne geleitet, wie sie zuerst Zöllner in seinen „Photometrischen Untersuchungen“ (1865) skizzirt hatte. Man durfte hiernach erwarten, durch das Spectrum eines Sternes einen Aufschluß über sein relatives Alter, oder über das Entwicklungsstadium, in dem er sich befindet, zu erhalten. Die weißen Sterne, wie Sirius und Wega, welche Secchi's ersten Typus bilden, befinden sich noch in ihrem Jugendalter als Fixsterne, ihre Temperatur ist noch außerordentlich hoch, ihr Licht noch

1) Sur les Étoiles à Spectres de la Troisième Classe. Mémoire présenté à l'Académie Royale des Sciences de Suède, le 11. Juin 1884 (Stockholm 1884). Im Folgenden ist der von Miß A. M. Clerke in Nature XXXIII, p. 583 gegebene Auszug benutzt worden.

nicht merklich durch Absorption modificirt, da außer Wasserstoff kein anderer Körper in ihrer Atmosphäre ist, der die Strahlen beträchtlich zurückhalten könnte. Wenn aber im Laufe der Zeit die Temperatur abgenommen hat, so prägt sich nicht mehr Wasserstoff vorzugsweise in den Spectren aus, sondern metallische Linien treten immer deutlicher und zahlreicher auf; ein matter Schleier zieht sich durch die Photosphäre und hemmt vorzugsweise die stärker brechbaren Strahlen, wodurch das Licht eine gelbliche Färbung erhält. Es tritt ein Zustand ein, wie wir ihn bei unserer Sonne, bei Capella, Pollux, Dubhe (α im Großen Bär) beobachten (Secchi's zweiter Typus.) War bis hierher die Entwicklung bei allen Fixsternen im wesentlichen dieselbe, so kann von nun an der weitere Erkaltungsproceß in doppelter Weise verlaufen. Nach Vogel bezeichnen nämlich die beiden Classen von Bandenspectren nicht zeitlich aufeinander folgende, sondern gleichzeitige Entwicklungsstadien.

Der Katalog von Dunér enthält im Ganzen 352 Sternspectra, wovon 297 dem Vogel'schen Typus IIIa angehören, welche genauer beschrieben werden.

Die erste Thatsache, welche bei der Vergleichung dieser Spectra auffällt, ist ihre Uebereinstimmung in der Lage der Hauptbanden, die sich von einem Stern zum andern in wechselnden Graden der Intensität wiederholen. Die Schattirungen bestehen möglicherweise aus dicht bei einander stehenden feinen Linien; wenigstens ist es D'Arrest und Huggins mehrfach gelungen, sie in solche aufzulösen, während dies allerdings Vogel auch mit den mächtigsten optischen Hilfsmitteln nie hat gelingen wollen. Es liegt der Gedanke nahe, daß viele Banden den rhytmischen Schwingungen eines stark complicirten Molekel-Systems ihre Entstehung verdanken, daß sie also auf eine absorbirende Substanz hinweisen, deren nähere Identificirung freilich Schwierigkeiten machen wird.

Außer dieser unbekanntem Substanz enthält die Atmosphäre von Beteigeuze und den andern Sternen dieses Typus auch metallische Dämpfe, und man kann das cannelirte Spectrum, das sie charakterisirt, als über ein modificirtes Frauenhofer'sches (Sonnen-)Spectrum gelagert ansehen. Nicht nur in den hellen Zwischenräumen, sondern auch in den Schattirungen sind deutlich eine Menge dunkler Linien erkennbar,

deren große, im September 1884 mit dem 27 zölligen Wiener Refractor in dem Spectrum von β des Pegasus und α des Herkules beobachtete Anzahl Vogel in Erstaunen setzte.¹⁾ Er selbst und Huggins hatten schon 95 solcher Linien im Spectrum der Beteigeuze gemessen, von denen sich einige auf irdische Substanzen zurückführen lassen: es unterliegt keinem Zweifel, daß Natrium, Eisen, Calcium, Magnesium und Wismuth sich in der Photosphäre dieses Sternes befinden; auch Absorptionslinien des Wasserstoffs sind beobachtet worden, sie sind aber in den Spectren der meisten Sterne dieses Typus unmerklich.

Ein anderer merkwürdiger und noch unerklärter Umstand ist, daß die scharfen Grenzen mancher Banden von dunkeln Metalllinien gebildet werden. So werden die von Dunér mit 2 und 3 bezeichneten Banden an ihren stärker brechbaren Enden durch die Calciumlinien von 616.4 und 585.6 Milliontel-Millimeter Wellenlänge begrenzt; dicht nebeneinander liegende Calcium- und Eisenlinien begrenzen die Bande 4, während Bande 5 mit den Eisenlinien 545.0 und 544.5, Bande 8 mit der Eisenlinie 495.8, Bande 7 mit der Sonnenlinien-Gruppe b und Bande 9 mit einer Linie noch unbekanntes Ursprungs endet.

Infolge der Absorption des größten Theiles der blauen Strahlen haben die Sterne mit Bandenspectrum eine mehr oder weniger tiefe orange Färbung. Sie müssen daher eine beträchtlich größere Menge von Strahlen aussenden, als in den äußeren Raum gelangt. Ihrer Atmosphäre beraubt, würde unsere Sonne gewissen Berechnungen zufolge drei bis viermal so lebhaft strahlen.

Von dem Typus III b werden 55 Sterne von Dunér verzeichnet; es sind dies alle bisher entdeckten, während die Gesamtzahl der bekannten Sterne des Typus III a 475 beträgt. Die breiten Zonen des Typus III b sind aber noch bei Sternen erkennbar, die zu schwach sind, die engeren Canalirungen des Typus III a zu zeigen. Kein Stern des Typus III b erreicht die Helligkeit der fünften Größenklasse, dagegen

1) Publicationen des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam Nr. 14, S. 22.

führt Dunér acht zwischen 9. und 10. Größe auf. Während aber das Verhältniß der bekannten Sterne der Typen IIIb und IIIa kaum 1 zu 9 ist, glaubt Dunér, daß die letzteren in Wahrheit mindestens 50 mal so zahlreich sind als die ersteren.

Wie schon Secchi erkannt hat, enthalten die Sterne des Typus IIIb Kohlenstoff; außerdem ist aber noch sicher Natrium in ihrer Atmosphäre enthalten und vielleicht auch Eisen. Bei der geringen Lichtstärke dieser Sterne ist aber die Anwendung eines Spectroskops mit engem Spalt und also überhaupt eine genauere Untersuchung des Spectrums unmöglich.

Im Uebrigen stimmen auch beim Typus IIIb die Spectra im Wesentlichen überein, obgleich zahlreiche Modificationen auftreten. Die Sterne dieses Typus sind ferner alle durch ihre rothe Farbe ausgezeichnet; das violette Ende des Spectrums ist bei ihnen allen vernichtet. Vielleicht aber sind bei dem Stern 152 Schjellerup die stark brechbaren Strahlen ebenso reichlich vorhanden als bei Sirius oder Wega, und dieselben werden nur durch eine stark absorbirende Atmosphäre zurückgehalten, durch welche bloß ein geringer Procentsatz der ursprünglich ausgesandten Strahlen dringt. Daraus würde sich auch die geringe Helligkeit dieser Sterne erklären.

Uebrigens kennt man noch von keinem Stern mit Bandenspectrum die Parallaxe, und wir sind daher nicht im Stande, uns eine genauere Vorstellung von ihrer Entfernung zu machen. Was ihre Vertheilung am Himmel anlangt, so kommen sie vorzugsweise in der Nähe der Ebene der Milchstraße und in dieser selbst vor, was nach Bechüle¹⁾ auch von den rothen Sternen auf der südlichen Halbkugel gilt. Eine weitere merkwürdige Eigenschaft der Sterne des Vogel'schen dritten Typus ist die Veränderlichkeit ihrer Lichtstärke. So ziemlich alle veränderlichen Sterne mit Ausnahme derer, welche eine Periode von nur wenig Tagen haben, gehören diesem Typus an. Aus gelegentlichen Beobachtungen Dunér's geht hervor, daß die zur Zeit der Minima wahrnehmbare Verstärkung der Absorptionsbanden nicht ausreichend ist zur Erklärung der Abnahme der Lichtstärke; diese muß also entweder in einer wirk-

1) Expédition danoise pour l'Observation du Passage de Vénus (1882), p. 38.

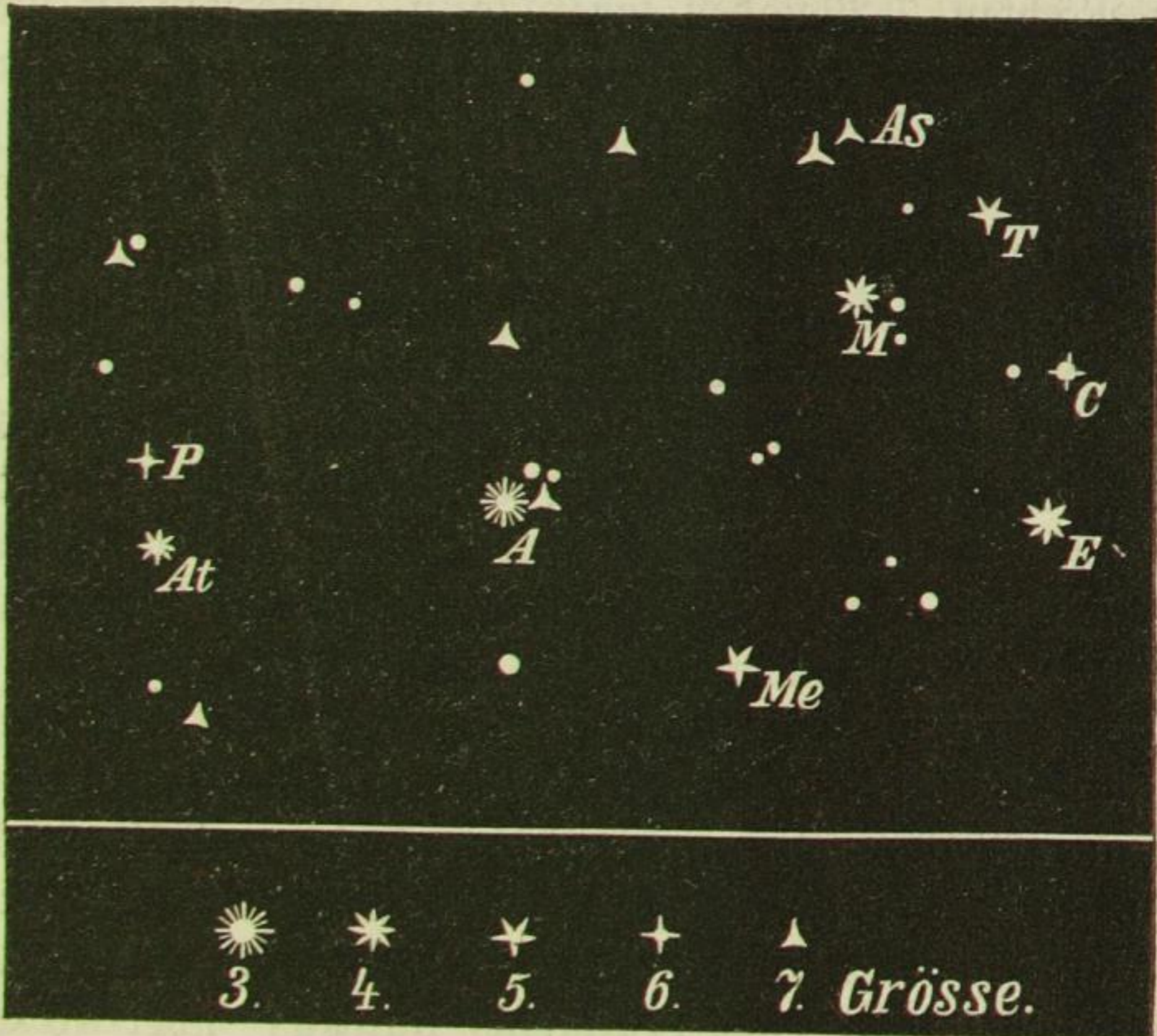
lichen Abnahme der Strahlung oder in einer Zunahme der allgemeinen Absorption ihren Grund haben.

Astro-Photographie. — Im vorigen Jahrgange dieses Jahrb. S. 66 ist der Versuche gedacht worden, welche die Gebrüder Henry in Paris angestellt haben, um mittels der Photographie Sternkarten herzustellen. Nach dem Gelingen der ersten, mit einem photographischen Objectiv von 0.16 m Oeffnung ausgeführten Aufnahmen, gingen die Gebrüder Henry an die Herstellung eines größeren Apparates mit einem Objectiv von 0.34 m Oeffnung. Da zur Aufnahme so lichtschwacher Objecte wie Sterne 14. und 15. Größe eine stundenlange Exposition nöthig, andererseits aber kein Uhrwerk im Stande ist, auf so lange Zeit das Fernrohr mit solcher Genauigkeit der Bewegung des Himmels nachzudrehen, daß das Bild eines Sternes immer genau auf demselben Punkte der photographischen Platte stehen bleibt, so muß der Beobachter selbst mit der Hand diese Bewegung des Fernrohres ausführen. Zu dem Zwecke enthält das Metallrohr des Instrumentes noch ein besonderes astronomisches Fernrohr mit einem Objectiv von 29 cm Oeffnung und Fadenkreuz. Mit Hilfe des letzteren wird das Fernrohr genau auf einen Stern eingestellt, und der Beobachter muß nun während der Dauer der Exposition beständig das Auge am Ocular haben und mittels der zur Feinbewegung des Instrumentes dienenden Mikrometerschrauben dafür sorgen, daß der Stern immer genau im Kreuzungspunkte der Fäden bleibt. Die Aufstellung dieses Instrumentes unter der kleinen Kuppel im Garten der Pariser Sternwarte wurde im Frühjahr 1885 vollendet, und am 15. Juli legte der Contreadmiral Mouchez ein Cliché einer Partie der Milchstraße vor, welches auf einer Erstreckung von $2^{\circ} 15'$ in Rectascension und 3° in Declination gegen 5000 Sterne von der 6. bis zur 15. Größe zeigte.¹⁾ Um den von Fizeau erhobenen Bedenken zu begegnen, daß möglicherweise Fehler in der Platte für Bilder von Sternen gehalten werden könnten, wurde nach Ablauf von je einer Stunde die Platte um 5 Bogensekunden verschoben, so daß man von jedem Sterne drei Bilder erhielt, die ein kleines Dreieck von

1) Astron. Nachr. Bd. 112, Nr. 2671, S. 111.

5'' Seitenlänge bilden. Während drei ganzer Stunden mußte also der Astronom Auge und Hand beständig am Fernrohr haben, um dasselbe in der richtigen Einstellung zu erhalten. Ein 20 bis 30 mal vergrößerndes Mikroskop zeigt alle Einzelheiten dieser Photographie mit großer Schärfe. „Dieses bemerkenswerthe Resultat verscheucht die letzten Zweifel, die man gegenwärtig bezüglich der Möglichkeit der Herstellung einer

Fig. 3.



nahezu alle mit den mächtigsten Instrumenten sichtbaren Sterne enthaltenden Karte hegen konnte. Mit Benutzung ähnlicher Clichés und Anwendung eines einfachen Mikroskopes kann der Astronom in seinem Zimmer fortfahren den Himmel zu durchforschen, wenn trübes Wetter ihm nicht erlaubt zu beobachten. Um die 41000 Quadratgrad des Himmelsgewölbes darzustellen, würden 6000 ähnliche Clichés erforderlich sein“.

Mit demselben Instrumente wurden nun am 16. November, 8. und 9. December 1885 und 8. Januar 1886 vier ausgezeichnet schöne Photographien des bekannten, zum Sternbilde des Stiers gehörigen Sternhaufens der Plejaden erhalten. In dieser Sterngruppe (s. Fig. 3), die in manchen Gegenden Deutschlands auch als „Gluckhenne“ bezeichnet wird, unter-

scheidet ein Auge von mittlerer Schärfe 6 Sterne, von denen der hellste, Alcyone, dritter Größe ist; gleichwohl wird diese Gruppe schon von Alters her als „Siebengestirn“ bezeichnet. Unter den Astronomen des Alterthums scheint Hipparch (im 2. Jahrh. v. Chr.) der einzige zu sein, welcher 7 Plejaden beobachtet hat; in seinem Commentar zu dem bekannten astrognostischen Lehrgedicht des Aratus, der nur 6 solche Sterne kennt, hebt er ausdrücklich hervor, daß man in klaren mondfreien Nächten 7 Plejaden sehen kann. Indessen ist die Zahl der mit bloßem Auge in diesem Sternhaufen erkennbaren Sterne noch größer. Schon Kepler's Lehrer Möstlin (1579) unterschied darin 14 Sterne, und Karl v. Littrow versichert¹⁾, daß ihm Personen, und zwar nicht Astronomen von Fach, bekannt seien, welche unter unserem nördlichen Himmel in der Gluckhenne 14 bis 16 Sterne erkennen. Selbst der Mondschein soll dabei nicht hinderlich sein; „scharfe Augen“, sagt Littrow, „haben in meiner Gegenwart bei hell strahlendem Vollmonde bis 15 Sterne in den Plejaden gezählt“.

Mit der Anwendung des Fernrohres auf die Beobachtung des Himmels vermehrte sich natürlich die Anzahl der in der Plejadengruppe erkennbaren Sterne. Sir Christopher Heyden freilich schrieb noch 1610, um die Kraft des neuen Instrumentes zu rühmen: „Ich sehe in meinem Perspicille 11 Sterne in den Plejaden, während kein Zeitalter deren mehr als 7 kennt“; aber schon Galilei erwähnt in seinem, in demselben Jahr erschienenen „Siderius nuntius“ über 40 Sterne, von denen er 36 auf seiner Karte verzeichnete, und Jeaurat's im Jahr 1782 (in den *Mém. de l'Acad. des Sciences pour 1779*) veröffentlichte Karte der Plejaden enthält 64 Sterne.

In diesem Jahrhundert hat Bessel die Dertex von 52 Plejadensternen durch mikrometrische Messungen mit dem Königsberger Heliometer bestimmt, während der Ort der Alcyone durch Beobachtungen im Meridian gefunden wurde. Bessels Absicht bei dieser Arbeit, deren Resultate 1841 veröffentlicht wurden¹⁾, ging u. a. dahin, die nöthige Grundlage zu schaffen

1) „Ueber das Zurückbleiben der Alten in den Naturwissenschaften“. Abgedr. in Grunert's Archiv d. Math. u. Phys. LI, S. 112 u. f.

2) Astron. Nachr. Nr. 430.

zur dereinstigen Beantwortung der Frage, ob innerhalb dieses Sternhaufens Veränderungen vor sich gehen. Diese Frage lag deshalb sehr nahe, weil es nicht gelungen war, die von Ptolemäus als die hellsten beschriebenen Plejaden mit jetzt sichtbaren Sternen zu identificiren. Die Frage der Ortsveränderungen hat zuerst Gould untersucht. Im Jahr 1865 hat nämlich Lewis M. Rutherford in New-York mittels eines für die ultravioletten Strahlen corrigirten Objectivglases von 11 Zoll Durchmesser mehrere Photographien der Plejaden-Gruppe gewonnen, welche die Sterne sehr klar und bestimmt wiedergeben. Die daraus von Gould durch genaue Ausmessung gewonnenen Werthe der Rectascension und Declination von nahezu 50 Plejaden stimmten nun so gut mit Bessels Messungen überein, daß sich der Schluß ergab, daß im Laufe von 25 Jahren keine merkliche Veränderungen in der relativen Lage der einzelnen Sterne vorgegangen seien.

Im Jahr 1877 hat dann E. Wolf in Paris eine Karte der Plejadengruppe veröffentlicht¹⁾, die 625 Sterne enthält innerhalb eines Rechtecks von 195' und 90' Seite, in welchem Alcyone ungefähr in der Mitte steht. Von 79 dieser Sterne sind dieörter mit der größten Genauigkeit gemessen, und aus der Vergleichung mit Bessels Messungen ergibt sich eine der ganzen Gruppe gemeinsame rückgängige Bewegung, die als Folge der Bewegung unseres Sonnensystems im Weltraum zu betrachten ist. Die relative Stellung der Glieder der Gruppe zu einander ist dagegen im Allgemeinen ungeändert geblieben, wodurch die Ansicht wesentlich an Sicherheit gewinnt, daß die Plejaden in der That eine physisch zusammengehörige Stern-Gruppe bilden, nicht bloß von unserem Standpunkte aus bei einander zu stehen scheinen. Allerdings finden sich Andeutungen von geringen Verschiebungen der Sterne unter einander, und eine von Pritchard 1884 durchgeführte Vergleichung der seit 130 Jahren ausgeführten Meridianmessungen mit den zwischen 1838 und 1880 in Königsberg, Paris und Oxford angestellten mikrometrischen Messungen hat dies bestätigt; aber es wird noch eines langen Zeitraumes bedürfen, um über

1) „Description du groupe des Pleiades“ im XIV. Bd. der Annales de l'Observatoire, Paris 1877.

Größe und Richtung dieser Bewegungen genauere Kenntniß zu erlangen.

Auf den Pariser Plejaden-Photographien, die durch dreistündige Exposition erhalten wurden, sind nun 1421 Sterne bis herab zur 17. Größe klar erkennbar, von denen manche wohl auch durch die kräftigsten Teleskope noch nicht gesehen worden sind. Uebrigens enthalten die Photographien alle von Wolf verzeichneten Sterne bis auf zehn, die aber auch am Himmel nicht wieder aufzufinden waren. Rayet, der in Bordeaux mit dem dortigen Äquatorial eine Revision der Wolf'schen Karte unternahm, hat den Wolf'schen Sternen nur 151 neue hinzugefügt. Augenscheinlich kommt der photographischen Platte gegenüber der Netzhaut des menschlichen Auges die lange Dauer der Exposition zu Gute. Wenn aber die letztere so bemessen wird, daß auch die schwächsten Sterne sichtbar werden, so findet natürlich bezüglich der helleren Sterne eine zu lange Exposition statt, die Bilder derselben erscheinen daher nicht mehr als Punkte, sondern als kleine Scheiben. Wie die verschiedene Dauer der Belichtungszeit, welche erforderlich ist, um ein scharfes Bild zu erhalten, benutzt werden kann, um über die Intensitätsverhältnisse der Sterne — zunächst allerdings nur bezüglich der chemisch wirksamen Strahlen — einen Aufschluß zu erhalten, ist auch schon von anderer Seite auseinandergesetzt worden. Bunsen und Roscoe haben nämlich gezeigt, daß gleichen Producten aus Intensität und Belichtungsdauer unter sonst gleichen Umständen auch gleiche photographische Wirkungen entsprechen. Zwar ist dieses Gesetz ursprünglich nur für directe Schwärzungen von Chlorsilber durch Licht bestätigt worden (vgl. dieses Jahrb. VII, S. 170); es hat sich indessen ergeben, daß dasselbe auch mit hinreichender Schärfe gilt für Wirkungen, die durch chemische Agentien erst sichtbar gemacht werden müssen.¹⁾

Was aber die photographischen Aufnahmen der Plejaden besonders interessant macht, das ist die Entdeckung eines bis dahin nicht beobachteten Nebels in dieser Sterngruppe. Die erste, vom 22. December datirte Mittheilung darüber lautet:

1) Vgl. Lohse's Bericht über die von ihm auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam ausgeführte photographische Aufnahme mehrerer Sternhaufen in den Astron. Nachr. Bd. 111, Nr. 2650.

„Wir haben vergangenen 16. November mittels der Photographie einen neuen Nebel in den Plejaden entdeckt. Sein Ort ist

Rectasc. $3^h 38^m 57^s$, Declin. $+24^{\circ} 1'$.

Dieser Nebel ist sehr intensiv und hat in sehr ausgeprägter Weise die Form einer Spirale. Er scheint vom Stern Maja auszugehen, ist anfangs gegen West gerichtet, wendet sich dann aber rasch nach Norden. Seine Ausdehnung beträgt ungefähr 3 Minuten. Wir haben sein Bild zu drei verschiedenen Malen, am 16. November, 8. und 9. December erhalten; aber bis jetzt ist es unmöglich gewesen, ihn in unseren Teleskopen zu erkennen“.¹⁾

Bickering hat bald nachher²⁾ darauf aufmerksam gemacht, daß auch eine Photographie der Plejaden, die am 3. November vorigen Jahres auf der Sternwarte zu Cambridge in den Vereinigten Staaten durch eine 65 Minuten dauernde Belichtung erhalten wurde, Spuren dieses Nebels erkennen läßt. Auf der Westseite der Maja ist nämlich ein Ansatz sichtbar, der sich nach Norden biegt. Als diese Photographie der Versammlung der National-Akademie der Wissenschaften in Albany vorgelegt wurde, bemerkte man allerdings diesen Ansatz an Maja, setzte ihn aber auf Rechnung von Unvollkommenheiten des photographischen Processes. Auch noch bei einem anderen Stern der Plejadengruppe, nämlich bei Merope, ist auf dieser Photographie ein diffuser nach Süden gerichteter Ausläufer erkennbar.

Nachdem der Majanebel einmal mittels der Photographie entdeckt war, wurde er auch bald durch das Teleskop beobachtet, und zwar zuerst durch D. v. Struve in Pulkowa mit dem kürzlich dort aufgestellten Fernrohr von 30 Zoll Oeffnung, dem größten bis jetzt im Gebrauch befindlichen Refractor³⁾. Der Majanebel wurde dort schon am 5. Februar erkannt; heftiger Wind bei strenger Kälte hinderte aber eine genauere Beobachtung, die erst am 23. Februar erfolgte. In dem großen Refractor war der Nebel allerdings, nachdem der Beobachter einmal auf dessen Existenz aufmerksam gemacht war,

1) Astron. Nachr. Bd. 113, Nr. 2702, S. 239.

2) Dies. Nr. 2712, S. 399.

3) Vgl. dieses Jahrb. XVIII, S. 16.

nicht schwer zu erkennen; „aber“, bemerkt Struve,¹⁾ „bei einer einfachen Durchmusterung würde er doch wahrscheinlich kaum bemerkt werden, indem sich das schwache Nebellicht einerseits mit dem in allen Fernröhren die helleren Sterne umgebenden zerstreuten Lichte vermengt, andererseits das menschliche Auge durch den Glanz des hellen Sternes weniger empfindlich für die schwachen Lichtunterschiede in dessen nächster Umgebung gemacht wird. Es ist daher eine sehr erfreuliche Zugabe der Himmelsphotographie, daß sie uns auf derartige Objecte aufmerksam machen kann. Indessen dürfen wir darin auch nicht zu viel in Bezug auf die mit Nebeln umgebenen Sterne erwarten. Es ist nämlich immer eine erhebliche Ausdehnung des Nebels erforderlich, damit er sich in der Photographie deutlich ausspricht, weil seine Lichtschwäche eine lange Expositionsdauer bedingt, welche andererseits zugleich dem Bilde des hellen Sternes einen Durchmesser von mehreren Minuten giebt. Nebel von geringer Ausdehnung, von denen es vielleicht am Himmel noch viele bis jetzt nicht erkannte mit helleren Sternen verbundene giebt, würden sich also auf dem photographischen Wege auch nicht kund geben“.

Von Interesse ist die Thatsache, daß der Majanebel am 24. Februar auch in dem älteren Merz'schen Refractor der Sternwarte Pulkowa, der nur 15 Zoll Objectivöffnung hat, gesehen wurde.

Auch mit dem neuen Grubb'schen Refractor der Wiener Sternwarte von 27 Zoll Oeffnung ist dieser Nebel beobachtet worden.²⁾ Zum erstenmal wurde derselbe am 26. Februar von Weiß, Palisa und Spitaler erkannt; doch war bloß die hellste Partie sichtbar, die sich ganz getrennt von Maja zeigte. Am 3. März aber, bei wesentlich besserer Luft, erkannte man, daß diese Stelle nur der hellste Knoten einer weit verbreiteten Nebelmasse sei, welche die Maja ganz umhüllt und sich weit gegen Südwest ausdehnt.

Ebenso haben auch Perrotin und Thollon in Nizza mit dem dortigen Refractor von 76 cm Oeffnung den Majanebel „ohne zu große Schwierigkeit“ beobachtet. Ähnlich

1) Astron. Nachr. Bd. 114, Nr. 2719, S. 97.

2) Dies. Nr. 2726, S. 211.

wie Struve fügt aber Perrotin seinem Bericht¹⁾ die Bemerkung bei: „Wir haben den Nebel gesehen, weil wir wußten, daß er da war. Sonst hätten wir ihn sicher nicht beobachtet.“

Der Nebel, welcher Maia umgiebt, ist aber nicht der einzige in der Plejadengruppe beobachtete. Tempel entdeckte am 19. October 1860 südlich beim Stern Merope einen ausgedehnten Nebel, der auf der einen Seite etwas heller schien als auf der anderen. Nach Tempel's Angabe sollte dieser Nebel leicht erkennbar sein. Er ist aber merkwürdigerweise mit mehreren der größten Instrumente nie gesehen worden. So haben ihn Hough und Burnham mit dem großen Chicagoer Refractor vergeblich gesucht, und Prichard hat bei seiner fleißigen Untersuchung der Plejadengruppe nie die Spur eines Nebels bei einem der Sterne bemerkt²⁾. Mit dem 6füßigen Teleskop der Sternwarte zu Altona wurde der Meropenebel allerdings schon am 31. December 1860 bei leidlich guter Luft wahrgenommen, jedoch nur mit Mühe; aber d'Arrest suchte ihn mit dem Kopenhagener Refractor von 11 Zoll Oeffnung zwei Jahre lang vergeblich, und als er ihn endlich 1862 wahrnahm, erschien ihm dieser Nebel als der schwächste Gegenstand, den er jemals im Refractor erblickt hatte, schwächer als z. B. der Nebel h 2084, von welchem der jüngere Herschel sagt, daß er ein sehr geübtes Auge erfordere, den aber d'Arrest am 19. Februar 1862 ohne besondere Schwierigkeit beobachten konnte.³⁾ Einen einigermaßen deutlich begrenzten Nebel konnten übrigens d'Arrest und seine Mitbeobachter Schjellerup und Thiele bei Merope nicht erkennen, sondern es erschien ihnen nur der Himmelsgrund südlich von diesem Sterne etwas weniger rein und weniger schwarz als auf der Nordseite. D'Arrest hielt deshalb den Nebel für veränderlich, und auch Andere, wie z. B. Schmidt in Athen, sind dieser Ansicht gewesen. Aber schon damals (1862) äußerte Winnecke Bedenken gegen die Veränderlichkeit, wenngleich er mit Anderen die Schwierigkeit der Beobachtung dieses Objectes

1) Comptes rendus, T. 102.

2) So berichtet in Nature XXXIII, p. 563, Miß Agnes M. Clerke, die Verfasserin des interessanten Werkes „A popular History of Astronomy during the Nineteenth Century“ (Edinb. 1885).

3) Astron. Nachr. Bd. 59, Nr. 1393, S. 13.

bestätigte¹⁾. In späterer Zeit, 25. Februar 1875, hat Schiaparelli unter dem reinen Himmel Italiens und unterstützt von einem Auge von seltener Schärfe gesehen, wie der Meropenebel sich auch nach Nordwest bis Elektra und Celaeno erstreckt. Schon im Jahr vorher war Lewis Swift in Rochester ganz zufällig auf ihn gestoßen und beobachtete ihn seitdem durch sieben Jahr ohne eine Veränderung an ihm wahrzunehmen;²⁾ eine freie Oeffnung des Fernrohres von 2 Zoll und 25fache Vergrößerung soll ausreichen, ihn zu erkennen. Maxwell Hall in Jamaica hat mit einem 4zölligen Achromaten nie vergeblich nach ihm gesucht; Tempel hat ihn immer in der ursprünglichen Gestalt wieder gesehen, und Schönfeld beschreibt ihn als sehr deutlich und sofort erkennbar.³⁾ In dem großen Spiegelteleskop des Earl of Rosse aber war er nur bei Anwendung der schwächsten Vergrößerungen zu sehen.

Es scheint überhaupt, daß dieser Nebel keine starke Vergrößerung verträgt und daß anderntheils die geringste Trübung der Luft ausreicht, ihn unsichtbar zu machen.

Auf der erwähnten Karte der Plejaden von Beaurat findet sich ferner etwa 16 Minuten nördlich von dem Stern Pleione (6. Größe), in der Gegend der von Bessel mit Nr. 31 und 32 bezeichneten kleinen Sterne 8. Größe, ein als „Nébuleuse“ bezeichnetes Object angegeben. In der That hat auch Spitaler bei genauer Durchforschung dieser Gegend mit dem Wiener Refractor erkannt, daß beide Sterne mit schwachen Nebelhüllen umgeben sind, und derselbe Beobachter erkannte auch noch etwa 2 Minuten nördlich und etwas östlich von Taygeta einen isolirten schwachen Nebel. Leider machte die Ungunst der Witterung die Fortsetzung der Beobachtungen unmöglich.

Nicht unmöglich ist übrigens, daß es alle diese und noch andere gelegentlich beobachtete isolirte Nebel — so ein am 8. Februar 1880 von Common westlich von Alcyone gesehener — nur Ausläufer einer größeren Nebelmasse sind.

1) Astron. Nachr. Bd. 59, Nr. 1397.

2) Monthly Notices, Vol. XLII, p. 107.

3) Dies. XL, p. 622.

Goldschmidt wenigstens glaubte schon 1863 erkannt zu haben¹⁾, daß die ganze Plejadengruppe von einem Nebel von etwa 5° Durchmesser umgeben sei, in dessen Innern ein leerer, von den Plejaden eingenommener Raum sich befindet, ähnlich dem dunkeln Raum im Orionnebel, in welchem das sogenannte Trapez steht; auch Wolf schloß sich 1876 dieser Ansicht an, und nach Weiß wird man sich schwerlich der Ueberzeugung verschließen können, „daß wenigstens der ganze westlich und nördlich von Alcyone gelegene Theil der Plejadengruppe in einen großen Nebel eingehüllt sei, von dem alle bisher wahrgenommenen scheinbar isolirten Nebelmassen bloß hellere Lichtknoten seien“. Zur Bekräftigung dieser Ansicht weist er noch auf eine ältere Beobachtung von Schmidt in Athen hin. Als derselbe nämlich im November 1863 den Planetoiden Hygiea mitten durch die Plejadengruppe hindurchziehen sah, nahm nach seiner Schätzung die Helligkeit des Planetoiden reichlich um eine Größenklasse ab, während derselbe sich gegen Elektra hin bewegte, nahm aber wieder um ebensoviel zu, nachdem er Elektra passirt hatte. Weiß hält es deshalb für wünschenswerth, den Vorübergängen der Planetoiden vor den Plejadensternen größere Aufmerksamkeit zu schenken.

Als Schluß des astronomischen Abschnittes mögen noch einige Notizen über

die schwimmende Drehkuppel der Sternwarte Nizza folgen. Bekanntlich finden die großen äquatorial montirten Fernrohre der Sternwarten in der Regel unter Kuppeln ihre Aufstellung, die mit einem Beobachtungsspalt versehen sind, und um die verschiedenen Gegenden des Himmels beobachten zu können, muß die Kuppel drehbar sein. Zu diesem Zwecke ruht sie gewöhnlich auf Rädern, die auf dem oberen Rand der Mauern des Thurmes laufen, den sie bedeckt. Da aber eine derartige Kuppel ein sehr bedeutendes Gewicht besitzt, so sind besondere Vorrichtungen getroffen, um sie leichter beweglich zu machen; (vgl. über die hierzu dienende Einrichtung auf der Straßburger Sternwarte dieses Jahrb. XVIII, S. 6). Um den Unbequemlichkeiten zu begegnen, welche das große Gewicht derar-

1) Les Mondes, T. III, p. 529.

tiger Kuppeln mit sich bringt, hat Prof. Greene in Troy in den Vereinigten Staaten vor einigen Jahren das Gerüst der halbkugelförmigen Kuppel der dortigen Sternwarte, welche 29 Fuß (8.8 m) Durchmesser hat, aus Fichtenholz herstellen und mit Papier decken lassen, wie es zur Herstellung von Papierbooten dient. Das Gesamtgewicht der Kuppel beträgt dann bloß etwa 4000 Pfund, und dieselbe läßt sich ohne Zuhilfenahme einer Maschine schon durch einen mäßigen Druck bewegen¹⁾. Wie sich diese Anordnung bewährt hat, ist nicht bekannt.

Die Drehkuppel der Bischoffsheim'schen Sternwarte bei Nizza, unter welcher das große Aequatorial von 18 m Brennweite aufgestellt ist, hat einen innern Durchmesser von 22.4 m und erhebt sich 23.35 m über den Boden der Sternwarte.²⁾ Um sie leicht beweglich zu machen ist sie nicht auf Räder gesetzt, sondern schwimmt auf einer Flüssigkeit. Auf der Mauer des Thurmes, den sie bedeckt, ist nämlich ein ringsförmiges Gefäß von 22.4 m innerem Durchmesser, 1.5 m Tiefe und 1.2 m Breite angebracht, in welchem sich eine wässrige Lösung von Magnesiumchlorür befindet. Diese ist einestheils specifisch schwerer als Wasser, besitzt also mehr Tragkraft, anderntheils gefriert sie im Winter nicht. In diese Flüssigkeit taucht ein Schwimmer von 1.5 m Höhe, aber nur 0.9 m Breite, welcher 16 stählerne Rippen trägt, die das Gerippe der Kuppel bilden. Auf ihnen sind mit Hilfe von 55000 Bolzen 620 Stahlplatten von 1.5 mm Dicke befestigt. Die ganze Kuppel hat ein Gewicht von 9500 kg, kann aber trotzdem von einem einzigen Arbeiter in Zeit von 4 Minuten einmal herumgedreht werden, während die alte Arago'sche Drehkuppel der Pariser Sternwarte, welche allerdings mit der Zeit unpraktisch geworden ist, die Kraft von 8 Mann und eine Zeit von 45 Minuten zu einer Umdrehung erfordert; auch ein kleiner Gasmotor, den man dazu verwendet, braucht noch 10 Minuten zu einer Umdrehung.

Die schwimmende Kuppel ist von Eiffel in Levallois-

1) Nature XIX, p. 375 (1879).

2) Vgl. Krüß in der Central-Ztg. für Optik und Mechanik. VI (1885), Nr. 12, S. 139.

Berret bei Paris gebaut, demselben kühnen Constructeur, welcher für die Weltausstellung in Paris im Jahr 1889 einen 300 m hohen eisernen Thurm herstellen will. Er entwickelte seine Idee schon vor mehreren Jahren, als es sich um die Construction einer Kuppel für die Pariser Sternwarte handelte, die indessen nicht zur Ausführung gekommen ist.

II. Physik und Meteorologie.

Statik und Dynamik fester Körper.

Auf diesem Gebiete gedenken wir zunächst einiger Untersuchungen über

Schwankungen der Dichte in Messing, Zink, Kupfer, Eisen. — Da die Abweichungen von der Homogenität innerhalb eines Körpers für viele Zwecke, z. B. bei Berechnung von Trägheitsmomenten, sehr störend sind, so hat Rich. Hennig für verschiedene Metalle und Legierungen die Grenzen der innerhalb eines und desselben Körpers auftretenden Dichteschwankungen festzustellen und womöglich eine bestimmte Gesetzmäßigkeit der Dichtevertheilung nachzuweisen versucht¹⁾. Die Körper wurden meist im gegossenen Zustande untersucht; nur wenn sie in diesem erhebliche Dichteschwankungen zeigten, wurden sie im gewalzten oder gezogenen Zustande, als Blech und Draht, verwandt; Stahl, der als Rohguß selten blasenfrei ist, kam nur gewalzt zur Verwendung. Die äußere Form war meist cylindrisch, so daß die mechanische Verkleinerung durch Abdrehen erfolgen konnte; Bleche wurden durch Abfeilen oder Abägen verkleinert, doch hat das mechanische Verfahren manche Vorzüge. Durch besondere Untersuchung wurde nachgewiesen, daß die bei der Procedur des Abfeilens oder Abdrehens und beim Auflöthen oder Aufsitten der Untersuchungskörpers auf das Futter der Drehbank unvermeidliche Erwärmung keine merklichen Aenderungen der Dichte bewirken; auch wurde es durch diese Untersuchung wenigstens im hohen Grade wahrscheinlich gemacht, daß auch die mechanische Bearbeitung keine wesentliche

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 321.

Veränderung im Innern herbeiführt. Zur Ermittlung der Dichteschwankungen wurden die specifischen Gewichte der ganzen Stücke und einzelner Theile bestimmt.

Es ergab sich nun, daß von den sämtlichen untersuchten Körpern kein einziger völlig homogen war. Die Dichtigkeitschwankungen, welche beobachtet wurden, waren aber von zweierlei Art, nämlich

unregelmäßige Schwankungen, die bei allen untersuchten Körpern beobachtet wurden, wenn auch ihr Betrag oft nur wenig über die Grenzen der Beobachtungsfehler hinausging, und

Dichtigkeitschwankungen von bestimmter räumlicher Gesetzmäßigkeit, die zwar nur bei einem Theil der untersuchten Körper mit Sicherheit nachgewiesen wurden, die aber weit größer waren als die Schwankungen der ersten Art.

Die weitaus größten Dichteschwankungen wurden bei Messingguß gefunden. Zunächst ergaben sich beträchtliche unregelmäßige Schwankungen, die 3·5 bis 7·5, ja bis 7 Promille der mittleren Dichte betrug. Außerdem aber zeigten die sämtlichen gegossenen Messingkörper eine beträchtliche Abnahme der Dichte in der Richtung von außen nach innen, und diese Abnahme stieg in einem Falle bis zu 6·8 Procent der mittleren Dichte. Mit wachsender Entfernung von der Außenseite wird diese Dichteabnahme immer geringer, so daß die centralen Theile homogener sind als die peripherischen. Berücksichtigt man übrigens, daß beim Guß die Oberflächentheile eher erstarren als die innern, so kann man das Gesetz der Dichteabnahme von außen nach innen dahin aussprechen, daß bei gegossenen Messingkörpern immer diejenigen Theile die größere Dichte zeigen, die nach dem Gießen zuerst erstarrt sind.

Bei Drähten und Blechen aus Messing sind die Dichteschwankungen innerhalb desselben Körpers weit geringer als bei Gußstücken; die ursprünglichen Ungleichheiten scheinen hier durch die Bearbeitung ausgeglichen zu sein. Bei einem 21 mm starken Drahtstück zeigte sich wieder eine bis zu fast 1 Procent steigende Abnahme der Dichte von außen nach innen; die größten Dichteschwankungen wurden aber in den centralen Theilen gefunden. Bei einem dünnen Drahte von 8·4 mm Durchmesser lagen die Dichteschwankungen alle unter $\frac{1}{2}$ Promille.

Bei gegossenem Zink waren keine regelmäßigen Schwankungen der Dichte zu beobachten und die unregelmäßigen zeigten sich sehr gering (bis $\frac{1}{2}$ Promille). Etwas größer wurden die Schwankungen beim Kupfer gefunden; doch ist es schwer hier sichere Schlüsse über die Gesetzmäßigkeit der Dichtevertheilung zu erhalten.

Größere Regelmäßigkeit zeigten die Dichteänderungen beim Eisen. Beim Gußeisen nahm die Dichte deutlich ab in der Richtung von unten nach oben, weniger deutlich in der Richtung von außen nach innen.

Was die Dichtevertheilung bei rohem und ausgeglühtem Stahl anlangt, so zeigten sich die Stücke, welche eine energische mechanische Bearbeitung erfahren hatten, sowohl in der Längsrichtung wie im Querschnitt im hohen Grade homogen; die beobachteten Schwankungen überstiegen kaum die Grenzen der Beobachtungsfehler. Eine bestimmte Gesetzmäßigkeit der Dichteänderung war aber nicht erkennbar. Was endlich den Einfluß der Härtung betrifft, so zeigte sich bei allen untersuchten Stücken die bekannte, wenn auch nicht für alle Stahlforten zutreffende Erscheinung einer beträchtlichen Verminderung der Dichte durch die Härtung. Diese Dichteverminderung beim Uebergang aus dem geglühten in den gehärteten Zustand wurde bei ein Paar Stücken Walzstahl 5 bis 6 Promille, bei einem Stück bandförmigen Walzstahl 9 bis 10 Promille gefunden. Trotz dieser Aenderung der mittleren Dichte scheint aber die Dichtevertheilung durch die Härtung nicht merklich geändert zu werden. Eine Dichteabnahme von außen nach innen zu war bei keinem der untersuchten Hartstahlstücke zu erkennen.

Die am meisten hervortretende Erscheinung, die Dichtigkeitsabnahme des gegossenen Messings in der Richtung von außen nach innen, glaubt Hennig am einfachsten durch eine Volumenverminderung beim Erstarren erklären zu können. Die Oberfläche, welche zuerst erstarrt, leistet der Contraction der innern Theile Widerstand und verhindert sie dadurch, sich auf diejenige Dichte zusammenzuziehen, welche jedes Theilchen im freien Zustande nach dem Erstarren haben würde. Dabei ist allerdings vorausgesetzt, daß die Zähigkeit der erstarrenden Masse genügend groß ist, um einer Trennung der einzelnen

Theile durch die Contractionskräfte zu widerstehen, weil sich sonst im Innern Hohlräume bilden würden.

Die Annahme einer Volumenverminderung beim Erstarren steht allerdings im Widerspruch mit den Ergebnissen einiger von Ries und Winkelmann an acht verschiedenen Metallen angestellter Versuche (vgl. dieses Jahrb. XVIII, S. 159). Dieselben beobachteten nämlich, daß Zinn, Zink, Wismuth, Antimon, Eisen und Kupfer im festen Zustand auf dem geschmolzenen Metall schwimmen, und zogen daraus den Schluß, daß die genannten Metalle sich beim Erstarren ausdehnen. E. Wiedemann hat aber später¹⁾ durch dilatometrische Messungen beim Zinn eine Ausdehnung im Betrag von etwa 2 Procent beim Schmelzen nachgewiesen und eine ebenso starke Ausdehnung auch bei der als Schnellloth gebräuchlichen Bleizinnlegierung. Derselbe sucht deshalb das Aufsteigen der festen Stücke in dem geschmolzenen Metall durch Convectionströme zu erklären. Mit Rücksicht auf die größere Zuverlässigkeit der Wiedemann'schen dilatometrischen Methode glaubt nun Hennig eine Volumenverminderung beim Erstarren annehmen zu dürfen. Der Versuch, die Dichteschwankungen durch eine möglichst gleichmäßige Regulirung der Temperatur während des Erfaltens — durch Gießen in eine rothglühende anstatt in eine kalte Form — zu verkleinern, hat freilich das gewünschte Resultat nicht ergeben.

Die Aenderungen, welche die Dichte des Eisens beim Glühen und Ablöschen erfährt, sind von C. Fromme zu wiederholten Malen experimentell geprüft worden.²⁾ Bei seinen neuesten Versuchen erfolgte das Glühen in der Flamme eines Bunsenbrenners oder auch in der Knallgasflamme, die langsame Abkühlung in und über der Flamme, während die schnelle Abkühlung durch Eintauchen in Wasser von 10 bis 15° bewirkt wurde. Jedes einzelne Stück wurde erst geglüht und dann langsam abgekühlt, hierauf wurde seine Dichte bestimmt; dann wurde es wieder geglüht, und schnell abgekühlt, worauf abermals die Dichte gemessen wurde. Es wurden dabei zwölf verschiedene Eisensorten geprüft; die Dichtebestim-

1) Wiedemann's Ann. Bd. 20, S. 228.

2) Dies. Bd. 22, S. 37.

mungen wurden gewöhnlich mit dem Pyknometer, nur in zwei Fällen mit der hydrostatischen Waage ausgeführt.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß durch wiederholtes Glühen die Dichte aller Eisensorten mit alleiniger Ausnahme des galvanisch niedergeschlagenen reinen Eisens zum Theil beträchtlich vermindert wird. Die Ursache scheint in einer Veränderung des Kohlenstoffgehaltes zu liegen, sei es nun, daß der absolute Betrag desselben oder daß das Verhältniß zwischen freiem und gebundenem Kohlenstoff eine Aenderung erleidet. Die Geschwindigkeit des Abkühlens scheint beim galvanoplastischen und beim Schmiedeeisen keinen merklichen Einfluß auf die Dichte zu haben. Zwei Sorten Eisendraht erfuhren beim Ablöschen eine Zunahme des specifischen Gewichtes, bei allen anderen Eisensorten trat eine Verminderung ein, am stärksten bei Stahl und weißem Roheisen, am wenigsten bei Gußeisen. Die Vergleichung der am Guß- und Roheisen gewonnenen Resultate spricht dafür, daß weniger der Gesamtkohlenstoffgehalt als vielmehr die Menge des chemisch gebundenen Kohlenstoffes maßgebend ist für die Aenderungen der Dichte; denn das erstere, das größtentheils freien Kohlenstoff enthält, erfuhr eine zehnmal geringere Dichteänderung als das an gebundenem Kohlenstoff reiche Roheisen. Vergleicht man ferner Stahl und Roheisen mit den zwei ihre Dichte steigenden Eisendrahtsorten, so gewinnt es den Anschein, als wenn kleine Mengen chemisch gebundenen Kohlenstoffes eine Zunahme der Dichte beim Ablöschen hervorriefe, während größere Mengen eine Abnahme bewirken.

Fromme hat außerdem auch noch Untersuchungen über die Vertheilung der Dichte an einem cylindrischen Stahlstab angestellt, die in ihrer Gesamtheit die gewöhnliche Ansicht bestärken, daß sich als Folge des Ablöschens eines glühenden Stahlstabes eine Vertheilung der Dichte herstellt, bei welcher dieselbe in der Richtung von innen nach außen abnimmt.

Die Behauptung *Mousson's*, daß in einem abgelöschten Stahlstab auch die Härte von außen nach innen abnehme, fand Fromme nicht bestätigt: sein Stab war im Innern so hart, daß die Feile ihn dort nicht angriff. Das langsam gekühlte Stück dagegen war durchweg sehr weich. Es kann also, wenigstens bei Stäben von so geringer Dicke wie hier benutzt

wurden (6 mm), von einem weichen Kern keine Rede sein; sie sind vielmehr, mögen sie in warmem oder kaltem Wasser abgelöscht sein, als homogen im Bezug auf die Härte zu betrachten.

Die Aenderungen der Dichte und die der Härte gehen daher nicht immer parallel. Fromme schließt daraus, daß beim Ablöschen neben dem rein physikalischen Vorgang der plötzlichen Contraction auch noch eine chemische Bindung freien Kohlenstoffes durch das Eisen stattfindet, deren Ursache allerdings in jenem mechanischen Vorgange liegen mag, indem die starken, bei der plötzlichen Contraction des glühenden in kaltes Wasser getauchten Stahles auftretenden Druckkräfte diese Verbindung herbeiführen, eine schon vor 20 Jahren von Caron ausgesprochene Auffassung.

Als ein Curiosum mag am Schlusse dieser auf die Dichte fester Körper bezüglichen Mittheilungen noch Erwähnung finden die von Bartoli ausgeführte Berechnung der mittleren Dichte eines Körpers, der alle bekannten Elemente in festem Zustande enthält, wenn dabei die Dichte eines jeden ungeändert bleibt.¹⁾ Bezüglich der Massenverhältnisse hat Bartoli drei Voraussetzungen gemacht; einmal, daß alle Elemente in gleichen Massen vorhanden sind, sodann daß die Volumina der einzelnen Elemente gleich sind, und endlich daß die Massen sich verhalten wie die Atomgewichte. Für die mittlere Dichte ergeben sich dann die Werthe

$$2.698, 7.027, 5.776,$$

von denen der letzte sonderbarer Weise der mittleren Dichte des Erdkörpers nahe kommt.

Dehnungszwang von Medien, die aus einzelnen starren, sich gegenseitig berührenden Theilchen bestehen. — Auf der im September vorigen Jahres in Aberdeen abgehaltenen Versammlung der British Association hat Osborne Reynolds erst in der mathematisch-physikalischen, dann auch in der chemischen Section einen Vortrag gehalten²⁾ über eine von ihm entdeckte Eigenschaft, die Kör-

1) Nature XXXI, p. 635.

2) Phil. Transactions. 5th series, XX, p. 469; Nature XXXII, p. 429.

pern der oben gedachten Art, also einer Masse Schrotkörner oder Sand, zukommt. Dieselbe besteht darin, daß jede Gestaltveränderung eines derartigen Körpers auch eine Aenderung seines Volumens, also auch seiner Dichte, demnach eine Ausdehnung oder Zusammenziehung mit sich bringt. So lange aber die Form, also die Lage der an der Außenseite befindlichen Theilchen unverändert bleibt, kann auch kein inneres Theilchen seine Lage ändern, die Dichtigkeit muß daher ebenso wie das Gesamtvolumen, ungeändert bleiben. Tropfbare Flüssigkeiten, mit denen man vielleicht geneigt sein könnte, Medien von der in Rede stehenden Zusammensetzung wegen der leichten Beweglichkeit der Theilchen zu vergleichen, unterscheiden sich wesentlich von denselben dadurch, daß bei ihnen Gestalt und Volumen völlig unabhängig von einander sind: in welche Form man auch eine Flüssigkeit bringen mag, immer bleibt ihr Volumen dasselbe. Anders ist es beispielsweise bei einer aus einzelnen gleichgroßen Schrotkörnern bestehenden Masse. Dieselben können so gruppiert sein, daß tetraëdrische, oder oktaëdrische oder andere regelmäßig geformte Gruppen entstehen, und es ist leicht einzusehen, daß in jedem Falle die Dichte eine andere wird, also auch das Volumen ein anderes ist. Auf der anderen Seite ist auch klar, daß, wenn die äußeren, die ganze Masse begrenzenden Körner ihre Stelle unverändert behalten, auch im Innern keine Verschiebungen eintreten können, weil die Körner in gegenseitiger Berührung sind. Erst wenn die Körner an der Oberfläche frei beweglich sind, ist der Uebergang zu einer anderen Structur und die Annahme einer anderen äußeren Gestalt möglich, womit aber eine Volumenveränderung verknüpft ist.

Reynolds hat für die in Rede stehende Eigenschaft das neue Wort „dilatancy“, abgeleitet von dilate, ausdehnen, eingeführt, das wohl der Wortbildung nach sich nicht gut übersetzen lassen dürfte; der oben benutzte Ausdruck „Dehnungszwang“ ist wenigstens dem Sinne nach entsprechend.

Durch diese Eigenschaft körniger Massen finden manche Erscheinungen des alltäglichen Lebens ihre Erklärung. So weist Reynolds darauf hin, daß ein mit Getreide gefüllter Sack vollständig biegsam bleibt, wenn er aufrecht steht, während er nach dem Niederlegen sich hart anfühlt und keine Gestaltver-

änderung gestattet. Füllt man aber einen Kautschucksack mit Getreide, so bleibt er in allen Lagen biegsam, eine Folge der Dehnbarkeit des Kautschuks. Wenn es gelingt, in einer dehnbaren Hülle dem Inhalt das Maximum des Volumens zu ertheilen, so kann man auch hier etwas Ähnliches erwarten. Dies ist in der That möglich. Reynolds brachte etwas Schrot in einen dünnen Kautschukbeutel und fügte eine gewisse Menge Wasser hinzu. Ist nun das Wasserquantum genügend, um bei der dichtesten Lage der Körner die Zwischenräume alle zu erfüllen, so wird dasselbe für eine weniger dichte Gruppierung nicht mehr ausreichen, und beim Uebergange von der ersten zur zweiten Anordnung wird man an einen Punkt kommen, von welchem an jede weitere Veränderung der Form, und mithin auch des Volumens, einen leeren Raum erzeugen würde. Wenn dieser Punkt erreicht ist, so wird die ganze Masse vollkommen hart. Reynolds hat dies noch weiter erläutert, indem er eine offene Glasröhre an dem mit Schrot gefüllten Kautschukball anbrachte. Bei dichter Anordnung der Schrotkörner stand das Wasser, welches der besseren Sichtbarkeit wegen gefärbt war, hoch in der Röhre; wurde aber ein Druck auf den Ball ausgeübt, so sank das Wasser. Diese Erscheinung demonstirte Reynolds auch mit einem Ballon, welcher Sand statt Schrot enthielt. Der Wasserspiegel sank bei Anwendung von Druck, bis das Maximum der Dichte erreicht war, und als noch mehr Druck ausgeübt wurde, hob er sich wieder. Dabei waren bei dichtester Gruppierung der Körner ungefähr 6 Procent des Wassers frei im oberen Theile des Ballons. Als ein anderer Ballon mit 20 Procent freiem Wasser benutzt wurde, konnte der harte Zustand nur annäherungsweise durch Druck erreicht werden und verschwand dann. So lange in diesem Falle das Maximum noch nicht erreicht ist, springt der Ballon in seinen früheren Zustand zurück, sowie der Druck nachläßt; ist aber das Maximum überschritten, so findet kein Rückgang statt. Läßt man jetzt etwas Wasser austreten, so kann man nicht über das Maximum hinausgehen, außer wenn man den Ballon schüttelt, und wenn der flach zusammengequetschte Ballon dann auf die Kante gestellt wird, so kann er ohne Gestaltveränderung einen Druck von einem Centner aushalten.

Bei einem Vortrage, den Reynolds am 12. Februar 1886

vor der Royal Institution hielt, wurde ein 6 Pint (ungefähr 3·4 Lit.) Sand voll luftleeren Wassers fassender Sack durch eine Röhre mit dem Boden eines Wassergefäßes verbunden. Als derselbe nun gequetscht wurde, wurde ungefähr 1 Pint (0·37 Lit.) Wasser aus dem Gefäß in den Sack gesogen. Damit war das Maximum der Ausdehnung erreicht, und als nun der Druck noch weiter verstärkt wurde, ging das Wasser wieder in das Gefäß zurück, um bei noch weiterer Druckvermehrung abermals in den Sack gesogen zu werden. Mit der fortschreitenden Gestaltveränderung ging also das Medium durch Maxima und Minima der Dehnung. Wurde bei dichtester Anordnung der Theilchen eine Volumvermehrung unmöglich gemacht, indem man die Verbindung mit dem Wassergefäß unterbrach, so vermochte auch ein Druck von 200 Pfund nicht die geringste Aenderung in der Kugelform des Balles hervorzubringen. Man hätte meinen sollen, daß das Wasser in dem Balle unter einem höheren Druck als dem der Atmosphäre stünde; als aber die Verbindung mit dem Manometer hergestellt wurde, ergab sich bloß ein Druck von weniger als 20 Zoll (508 mm) Quecksilbersäule; ein etwas stärkerer Druck würde also ein Vacuum erzeugt haben. Nach Herstellung der Verbindung mit dem Wassergefäß trat sofort eine Formänderung ein.

Die Dicke der Hülle ist ohne Einfluß, so lange sie keine Luft durchläßt. Ein Kautschukballon, so dünn, daß man den Sand durch ihn sehen konnte, war biegsam und geschmeidig, als Wasser im Ueberschuß auf dem Sand stand; wurde aber hart wie eine Kanonenkugel, als das überschüssige Wasser fort war, und änderte auch unter einem Drucke von 200 Pfund die Gestalt nicht, die er hatte, als man ihn schloß. Einmal legte man ihn in eine Form und schüttelte ihn, mit Sand und Wasser gefüllt, so lange, bis er deren Gestalt annahm. Nach Entfernung des überschüssigen Wassers behielt er dann diese Gestalt auch unter dem Druck von 200 Pfund bei.

Reynolds ist auf die Betrachtung dieser Eigenschaft gekommen bei dem Versuche ein Medium zu finden, das zwischen entfernten Körpern Wirkungen wie die Massenanziehung, zwischen benachbarten aber Erscheinungen wie die der Cohäsion und Elasticität hervorrufen könnte, das außerdem im Stande wäre, Schwingungen wie die des Lichtes, aber nicht solche wie die

Schallschwingungen, fortzupflanzen, und das endlich auch für die Erscheinungen der Electricität und des Magnetismus eine Erklärung gestattete. Indessen mag dieser speculative Theil seiner Untersuchungen hier unberührt bleiben.

Statik und Dynamik tropfbarflüssiger und gasförmiger Körper.

Eine Theorie der Flüssigkeiten hat P. de Heen in ihren Grundzügen zu entwerfen versucht.¹⁾ Er geht davon aus, daß die gasförmigen Körper im Allgemeinen aus getrennten Molekeln im Sinne der Chemie bestehen, „obwohl in einigen Fällen das Gesetz von Avogadro und Ampère andeutet, daß die Gasmolekeln selbst aus einer Vereinigung von 2, 3, 4, . . . Molekeln gebildet sind.“ Die Molekeln, welche Gase oder Dämpfe bilden, nennt de Heen „gasogene“. Bezüglich der tropfbaren Flüssigkeiten und der festen Körper nimmt man allgemein an, daß dieselben nicht durch einfache Nebeneinanderlagerung gasogener Molekeln gebildet sind, daß vielmehr diese Molekeln in größerer oder geringerer Anzahl zu Systemen vereinigt sind, welche Molekeln einer neuen Ordnung bilden. Je nachdem diese Molekeln flüssige oder feste Körper bilden, nennt sie unser Autor „liquidogene“ oder „solidogene“ Molekeln.

Wenn man dies berücksichtigt, so erkennt man leicht, daß die specifische Wärme einer Flüssigkeit aus folgenden vier gesonderten Theilen besteht:

1) der Wärmemenge C , welche zur Erwärmung der Flüssigkeit, d. h. zur Vermehrung ihrer actuellen Energie dient;

2) der Wärmemenge D , welche die Schwerpunkte der liquidogenen Molekeln aus einander bringt;

3) der Wärmemenge d , welche die gasogenen Molekeln auseinander hält, welche die liquidogene Molekel bilden (de Heen nennt sie die latente Wärme der physischen Dissociation); endlich

4) aus der Wärmemenge δ , welche zum Auseinanderhalten der Molekeln dient, welche die liquidogene Molekel bilden, der latenten Wärme der chemischen Dissociation.

Sind die Atome oder Molekeln durch die Wirkung der

1) „Premier essai d'une théorie des liquides“ in den Annales de chimie et de physique. 6^{me} série, T. V. p. 83.

Wärme in einen Grenzabstand gebracht, welcher je nach der Natur des Körpers verschieden ist, so beobachtet man eine chemische oder physische Dissociation, je nachdem eine gasogene oder liquidogene Molekel gespalten wird. Ist die Spaltung der liquidogenen Molekel vollständig, so verdampft die Flüssigkeit; doch kann die Erscheinung auch unvollständig vor sich gehen, indem die Schwankungen der Temperatur nur verschiedene Gleichgewichtszustände erzeugen und einfach die Masse der liquidogenen Molekeln variiren lassen. Tritt dieser Fall ein, wovon man sich leicht durch das Studium der physikalischen Eigenschaften überzeugen kann, so sagt man, die Flüssigkeit sei physisch unbeständig.

Bei der weiteren Untersuchung geht de Heen von dem Satze aus, daß bei tropfbaren Flüssigkeiten gleichen Temperaturzunahmen auch gleiche Ausdehnungsarbeiten entsprechen. Indem er nun annimmt, daß die Kraft, mit welcher die liquidogenen Molekeln einander anziehen, der n ten Potenz ihres Abstandes umgekehrt proportional ist, gelangt er durch eine einfache mathematische Entwicklung zu dem Ausdruck

$$\alpha V^{n/3}$$

für die Geschwindigkeit der Volumenvermehrung, d. h. für die Vergrößerung, die das Volumen V bei der Temperatur t erleidet, wenn letztere um 1° zunimmt. Es existiren nun zahlreiche Beobachtungen über die Ausdehnung verschiedener Flüssigkeiten bei steigender Temperatur; da indessen viele derartige Bestimmungen innerhalb zu enger Temperaturgrenzen gehalten sind, so hat de Heen auch eine größere Anzahl von Beobachtungsreihen ausgeführt, und aus dem so gewonnenen reichen Beobachtungsmaterial ist dann ersichtlich, daß die Annahme $n = 7$ sehr gut mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Hieraus folgt also, daß die Anziehung, welche zwei liquidogene Molekeln auf einander ausüben, umgekehrt proportional der siebenten Potenz ihres Abstandes ist.

Die obige Formel für die Geschwindigkeit der Volumenänderung führt ferner (durch Integration) für $n = 7$ zu der Gleichung

$$V = \left(1 - \frac{3}{4} \alpha t\right)^{-3/4}.$$

Aus dieser folgt aber für V ein unendlich großer Werth, wenn

$$t = \frac{4}{3} \alpha$$

gesetzt wird. Es giebt sonach für eine jede Flüssigkeit eine bestimmte Temperatur, bei welcher ihr Volumen unendlich groß wird, bei welcher also der tropfbarflüssige Zustand in den gasförmigen übergeht.

Dies würde nicht stattfinden, wenn die liquidogenen Molekeln sich nach dem allgemeinen Gravitationsgesetz anzögen, also wenn $n = 2$ wäre. Dann würde nämlich

$$V = (1 + 3 \alpha t)^3$$

sein, welcher Ausdruck erst bei einer unendlich hohen Temperatur unendlich groß wird. Ue hnlich ist es überhaupt, sobald n kleiner ist als 3.

Der Werth $\frac{3}{4} \alpha$, den die Formel für die kritische Temperatur liefert, ist allerdings nicht der Wirklichkeit entsprechend, da verschiedene Umstände zusammenwirken, diese Temperatur bedeutend niedriger zu machen.

De Heen weist dann weiter nach, wie man auch in den Capillaritätsercheinungen das von ihm aufgestellte Gesetz für die Anziehung der Flüssigkeitsmolekeln bestätigt findet. Unter Voraussetzung dieses Gesetzes findet er für die Oberflächenspannung A_t bei der Temperatur t^0 die Formel

$$A_t^{4/7} = 1 - \frac{4}{3} \cdot \alpha_s t,$$

wenn α_s den Ausdehnungscoefficienten bei 0^0 an der Oberfläche bedeutet. In der That bestätigen die aus den Beobachtungen abgeleiteten Werthe von $A_t^{4/7}$, welche de Heen aufführt, die lineare Abhängigkeit dieser Größe von der Temperatur t .

Aus obiger Gleichung läßt sich weiter der Werth von α_s berechnen. „Nun ist die Annahme natürlich, daß ein constantes, von der Natur der Flüssigkeit unabhängiges Verhältniß besteht zwischen dem Ausdehnungscoefficienten in der Oberflächenschicht und dem Ausdehnungscoefficienten α in der Flüssigkeit.“ Dies wird auch durch die Erfahrung bestätigt, und zwar ergiebt sich aus einer großen Anzahl Flüssigkeiten als Mittelwerth für dieses Verhältniß 1.608, so daß

$$\alpha_s = 1.608 \cdot \alpha$$

ist. In der Constanz dieses Quotienten α_s/α sieht de Heen eine neue Stütze für die Richtigkeit des Werthes $n = 7$.

Wird die Oberflächenspannung $A_t = 0$ gesetzt, so ergibt sich die Temperatur

$$t = \frac{1}{\frac{4}{3} \alpha_s} = \frac{1}{2.144 \alpha}.$$

Da mit dem Verschwinden der Oberflächenspannung auch die Möglichkeit des Fortbestehens der Oberfläche aufhört, so löst sich bei dieser Temperatur die Flüssigkeit in ein Gas auf. Man bemerkt leicht, daß dieser Werth für die kritische Temperatur t geringer ist, als die früher unter der Voraussetzung $V = 0$ gefundene.

Endlich zeigt de Heen noch, daß auch durch die innere latente Verdampfungswärme oder die von ihm sogenannte physische Dissociationswärme das Gesetz bestätigt wird, daß die Anziehung liquidogener Flüssigkeitstheilchen umgekehrt proportional der siebenten Potenz der Entfernung ist.

Lösungen fester Körper. — Bezüglich der Salzlösungen hat Mendelejeff das Gesetz aufgestellt,¹⁾ daß ihre Dichtigkeiten zunehmen in dem Maße wie die Moleculargewichte (nicht die Aequivalente) der gelösten Salze größer werden. So sind z. B. für

HCl, LiCl, NaCl, KCl, . . ., BaCl, SnCl₄, Fe₂Cl₆
die Moleculargewichte

36.5, 42.5, 58.5, 74.5, . . ., 208, 259, 325

und die Dichtigkeiten der Lösungen dieser Körper in 100 Theilen Wasser bei einer Temperatur von 15 bis 20°

1.010, 1.014, 1.023, 1.025, . . ., 1.098, 1.106, 1.134.

Uebrigens bestätigt sich das Gesetz nicht bloß für die Chlor-, sondern auch für die Jod- und Bromverbindungen und für noch andere Salze.

Die große Mehrzahl der Salze wird beim Erwärmen leichter löslich und dieselben Körper absorbiren beim Auslösen Wärme. Beide Erscheinungen hat man schon längst als ziemlich allgemein gültige Gesetze erkannt. Neuerdings hat nun

1) Journal der Russ. chem. Ges. Bd. XVI, Heft 2; Ber. d. deutsch. chem. Ges. XVII, S. 155; Nature XXX, p. 84.

Le Chatelier ¹⁾ eine angenäherte Formel für den numerischen Zusammenhang zwischen dem Löslichkeitscoefficienten der Salze, ihrer Lösungswärme bei der Sättigung und der Temperatur aufgestellt, aus welcher sich ergibt, daß die Aenderung des Löslichkeitscoefficienten bei steigender Temperatur das gleiche Vorzeichen hat wie die Lösungswärme, daß also bei Körpern, deren Lösung Wärme absorbiert, die Löslichkeit mit steigender Temperatur wächst, wogegen sie abnimmt bei Körpern, welche bei der Lösung Wärme entwickeln. Ist die Lösungswärme Null, so ändert sich die Löslichkeit überhaupt nicht, wenn auch die Temperatur sich ändert.

Feste Körper, deren Löslichkeit bei wachsender Temperatur geringer wird, bilden nur Ausnahmen; es gehören hierher das Kalkhydrat, das schwefelsaure Cer und das wasserfreie schwefelsaure Natrium, welche Körper auch in der That, entsprechend dem Le Chatelier'schen Gesetz, Wärme entwickeln.

Noch seltener sind Salze, bei deren Lösung weder Wärme entwickelt, noch absorbiert wird. Berthelot hat diese Erscheinung bei einer Temperatur von 23.7° am schwefelsauren Kalk beobachtet; doch bezogen sich seine Versuche auf eine übersättigte Lösung. Durch Marignac ist aber festgestellt worden, daß die Löslichkeit dieses Salzes bei 35° am größten ist, weshalb eine Aenderung der Temperatur an dieser Stelle keine merkliche Veränderung des Löslichkeitscoefficienten zur Folge hat.

Mischung von Flüssigkeiten. — Während die Wärme in den meisten Fällen die Lösungsfähigkeit einer Flüssigkeit für feste Körper erhöht, bilden die Fälle, in denen bei einer Erhöhung der Temperatur Flüssigkeiten aus ihren Mischungen ausgeschieden werden, eher die Regel als die Ausnahme und zwar tritt diese Entmischung ein lange bevor die kritische Temperatur erreicht ist. Guthrie hat dieses Verhalten an verschiedenen Flüssigkeitsgemischen nachgewiesen, insbesondere an einer Mischung von Triäthylamin mit Wasser.²⁾

Eine mit einer calibrirten Capillarröhre versehene Glasfugel von 9.1823 ccm Inhalt wurde mit einer völlig klaren Mischung von 35.8 Procent Triäthylamin und 64.2 Procent

1) Comptes rendus XCIX, p. 786; C, p. 50; CI, p. 441.

2) Philos. Mag. 5th series, Vol. XVIII, p. 494. Nature XXX, p. 119; XXXI, p. 47.

Wasser von 16.1° gefüllt. Dann wurde die Temperatur langsam erhöht und nach einer Erhöhung um einen halben Grad eine Stunde lang constant erhalten. An der Capillarröhre konnte die Volumenzunahme erkannt werden. Es ergab sich nun von 16.1° bis 17.6° ein regelmäßiges Steigen der Flüssigkeit um je 7.9 mm für 0.5° . Bei 18.1° aber fing die Flüssigkeit an zu opalisiren, sie stieg dabei um 8.4 mm; bei 18.6° wurde sie ganz milchig, die Höhe hatte um 15.5 mm zugenommen, bei ruhigem Stehen trennte sich das Gemisch in zwei Flüssigkeiten von nahezu gleicher Dichte und gleichem Brechungsvermögen. Die beiden nächsten halben Grade Erwärmung erzeugten noch vollständigere Trennung und das Steigen der Flüssigkeit betrug 24.5 und 24.6 mm. Bei weiterem Erwärmen wurde zwar eine größere Ausdehnung bemerkt als vor dem Beginn der Trennung der Flüssigkeiten; sie war aber geringer als während der Trennung, nämlich zwischen 17.0 und 18.6 mm. Die weitere Untersuchung hat dargethan, daß alle Gemische, welche 15 bis 50 Procent Triäthylamin enthalten bei ungefähr derselben Temperatur von 18 bis 19° anfangen trübe zu werden. Bei einem Gehalt von 4 Procent beginnt die Trübung erst bei 41° , während eine Mischung, welche 90 Procent Triäthylamin schon bei 6° C. trübe ist.

Indessen zeigen nicht alle Flüssigkeitsgemische ein solches Verhalten; vielmehr lassen sich, wie Guthrie gezeigt, diese Gemische in zwei Klassen theilen. Bei der Bildung eines Gemisches der ersten Klasse tritt eine Volumenverminderung ein und es wird Wärme frei; bei der Trennung der Flüssigkeiten dagegen vergrößert sich das Volumen und Wärme wird absorhirt. Außer Triäthylamin und Wasser gehört auch Diäthylamin und Wasser, sowie Aether und Wasser hierher. Ein charakteristisches Beispiel für die zweite Klasse bildet eine Mischung von Alkohol mit Schwefelkohlenstoff. Beide Stoffe vermischen sich oberhalb 0° in allen Verhältnissen unter Volumenvermehrung und Wärmeabsorption; während bei einer Abkühlung bis auf ungefähr -17° C. Trennung eintritt.

Diffusion von Flüssigkeiten. — Die außerordentliche Langsamkeit, mit welcher die Diffusion von Flüssigkeiten vor sich geht, ist bereits längere Zeit bekannt. Aus Versuchen Graham's hat Stefan berechnet, daß 1 mg Chlornatrium,

um sich aus einer 10procentigen Lösung durch Diffusion um die Länge von 1 m im Wasser fortzubewegen, die Zeit von 319 Tagen braucht. Die gleiche Menge Rohrzucker würde dazu 2 Jahr 7 Monate, 1 mg Eiweiß sogar 14 Jahr nöthig haben. H. de Bries, der gelegentlich einer botanischen Untersuchung darauf aufmerksam macht, hat folgenden Versuch angegeben: in eine unten zugeschmolzene Röhre von 1 m Länge wird ein farbiges Salz, etwa chromsaures Kali oder schwefelsaures Kupfer gebracht und dann die Röhre vorsichtig mit reinem Wasser gefüllt. Das Kaliumchromat steigt dann in der ersten Woche um 15, das Kupfersulfat gar nur um 5 cm, und dann erfolgt das Steigen immer langsamer, so daß erst nach 5 Monaten die Höhe von 50, beziehentlich 20 cm erreicht wird. Statt des Wassers kann man auch dünne Gallertlösung nehmen, in welche die Salze ebenso schnell diffundiren als in Wasser. Man überzeugt sich dabei zugleich davon, daß die Schwere ohne merklichen Einfluß auf die Diffusionsgeschwindigkeit ist; in verdünnter Gelatine wie auch in Kieselsäurehydratlösung diffundiren nämlich die farbigen Salze ebenso langsam in der Richtung von oben nach unten, wie in der entgegengesetzten.

Die ungleiche Fähigkeit verschiedener Körper, durch Membranen zu diffundiren, wird bei der sogenannten Dialyse zu ihrer Trennung benutzt: die Lösung der zu trennenden Stoffe wird in einen Dialysator gebracht, d. h. in ein flaches Gefäß, dessen Boden eine durchlässige Scheidewand bildet und welches in einem größeren Gefäß mit reinem Wasser steht, das man fleißig erneuert. In dem inneren Gefäß bleibt der Körper zurück, der weniger leicht durch die Scheidewand geht, das Colloid, während der andere, das Krystalloid, in das reine Wasser diffundirt. Als bestes Material für eine Scheidewand galt nun bisher auf Graham's Autorität hin Pergamentpapier (vgl. dieses Jahrb. III, S. 38); eine eingehende Untersuchung über die relative Permeabilität verschiedener Diaphragmen und ihre Verwendbarkeit als dialytische Scheidewände, welche von Alois Zott in München ausgeführt worden ist,¹⁾ hat indessen auf folgende Hauptergebnisse geführt:

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 229.

1) Das brauchbarste Diaphragma zur dialytischen Trennung ist Goldschlägerhäutchen. Dasselbe giebt unter übrigens gleichen Umständen stets mindestens einen doppelt so großen Trennungseffect als Pergamentpapier, welches übrigens auch in Bezug auf Homogenität und Wasserdichte vom Goldschlägerhäutchen übertroffen wird.

2) Für Lösungsgemische, welche organische Häute angreifen würden, sind gewöhnliche Thonzellen am empfehlenswerthesten; jedoch ist der durch sie bewirkte Trennungseffect 60 bis 75 mal geringer, beziehentlich langsamer, als der durch Goldschlägerhäutchen hervorgebrachte.

3) Alle Erscheinungen der Diffusion treten im gesteigerten Maße auf, wenn die Diaphragmen zuerst evacuirt werden, was in der Weise geschieht, daß man sie unter der Luftpumpe sich voll destillirtes Wasser saugen läßt. Jedoch ist die hierdurch erreichte Volumenzunahme des Lösungsgemisches im Dialysator relativ beträchtlicher als die Zunahme der austretenden Stoffmengen, und letztere hängt wieder von der relativen Diffusionsgeschwindigkeit der betreffenden Stoffe ab. Je schneller ein Stoff durch ein Diaphragma diffundirt, desto beträchtlicher ist die Beschleunigung, welche seine Diffusionsgeschwindigkeit durch Evacuierung dieses Diaphragma's erfährt.

4) Die Evacuierung eines Diaphragma's muß von Zeit zu Zeit, am besten nach jedem Versuch, erneuert werden.

5) Nach vorhergegangener Evacuierung findet Endosmose auch bei solchen Diaphragmen und porösen Platten statt, welche vorher eine Volumenvergrößerung der innern Flüssigkeit nicht zeigten.

6) Auch langsam diffundirende Stoffe, also die sogenannten Colloide, sind im Stande, eine bedeutende Endosmose herbeizuführen, welche bei entsprechend langer Diffusionsdauer sogar die der meisten Krystalloide erheblich übertrifft. Die Endosmose ist überhaupt vom Austritt des in Lösung befindlichen Stoffes, der Exosmose, unabhängig und weicht, wenn sich im Dialysator ein Lösungsgemisch befindet, nicht viel von jener ab, welche die gelösten Stoffe einzeln herbeiführen würden.

7) Lösungsgemische, welche zwei verschiedene Stoffe enthalten, können auf dem Dialysator um so leichter und vollständiger getrennt werden, je weiter die relativen Diffusionsge-

schwindigkeiten dieser Stoffe auseinander liegen; dieser Umstand und nicht die Zugehörigkeit zur Klasse der Krystalloide oder Colloide ist maßgebend für die dialytische Trennung.

8) Eine dialytische Trennung wird um so rascher bewerkstelligt, je öfter das äußere Wasser erneuert wird; dies muß spätestens dann geschehen, wenn die Flüssigkeit innen und außen im Bezug auf den diffusibleren Stoff des Lösungsgemisches nahezu gleiche Concentration angenommen hat. Dieser Zeitpunkt hängt ab von der Natur des Diaphragma's und von der relativen Diffusionsgeschwindigkeit des diffusibleren Stoffes im Gemisch; für Goldschlägerhäutchen und Kochsalz beträgt z. B. die Zeit sechs Stunden.

9) Mit abnehmender Concentration nimmt die relative Diffusionsgeschwindigkeit der Salze sowohl aus einfacher Lösung als aus einem Lösungsgemische ab, aber nur bis zu einer gewissen Verdünnung, von welcher aus sie wieder ziemlich rasch steigt.

Die Wasserhaut auf Glas. — Bekanntlich schlägt gewöhnliches Glas schon bei Temperaturen, die weit oberhalb des Siedepunktes liegen, Wasserdampf auf seiner Oberfläche nieder, und die so gebildete Wasserhaut ändert sich mit der Temperatur und mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Dieselbe verschwindet aber auch in einem Raume vom Dampfdruck Null nicht völlig, und ein Theil kann erst durch Anwendung hoher Temperaturen entfernt werden. Ueber diesen letzteren Theil, den man als den permanenten im Gegensatz zum temporären bezeichnen kann, verdanken wir Bunsen genauere Messungen,¹⁾ der auf diese Untersuchungen geführt wurde bei seinen Arbeiten über die Adsorption von Kohlensäure durch Glasfäden (s. dies. Jahrb. XX, S. 134).

Es handelte sich für Bunsen hauptsächlich darum, die Dicke der Wasserschichten festzustellen, welche auf Glasfäden von bekannter Oberfläche haften bleiben, wenn dieselben bei stufenweis gesteigerten constanten Temperaturen einem trockenen, hinlänglich lange andauernden Luftstrome ausgesetzt werden. Ein solcher Luftstrom, der wochenlang dieselbe Geschwindigkeit behielt, wurde mittels einer als Saugapparat wirkenden Wasserluftpumpe mit Druckregulator erhalten. Die völlig ausgetrocknete, von

1) Wiedemann's Ann. Bd. 24, S. 327.

Kohlensäure und Staub befreite Luft ging erst durch das die Glasfäden enthaltende Gefäß und gab dann an drei mit Phosphorsäure-Anhydrid und Glasperlen gefüllte U förmige Röhren den aufgenommenen Wasserdampf ab, dessen Menge durch die Gewichtszunahme bestimmt wurde. Die Fäden wurden nun bei verschiedenen constanten Temperaturen zwischen 23 und 503° dem Luftströme immer so lange ausgesetzt, bis bei der jeweilig angewandten Temperatur die Gewichtszunahme verschwindend klein wurde. Es ergab sich dabei, daß die Verdunstung der Wasserschichten bei constanter Temperatur sehr langsam von statten geht und zuletzt nahezu ganz aufhört. Bei einer Steigerung der Temperatur beginnt die Verdunstung von neuem, um später abermals auf Null herabzusinken. Die letzten Reste der Wasserhaut werden erst nach langer Zeit bei sehr hohen Temperaturen fortgeführt. Da beim Aufhören der Verdampfung bei constanter Temperatur t der Dampfdruck an der Oberfläche der Capillaranziehung gerade das Gleichgewicht halten muß, so hat man in den bekannten Wasserdampfspannungen für die verschiedenen Temperaturen t ein Maß für den jeweiligen Capillardruck, welcher von der Glasfläche ausgeübt wird. Die Dicke der Wasserhaut ergab sich aus der Menge des bei der betreffenden Temperatur zurückgehaltenen Wassers und der bekannten Oberfläche der Fäden.

Bunsen fand nun folgende Werthe für die Dicke der Wasserhaut und den an der Oberfläche herrschenden Capillardruck:

Temperatur ° C.	Dicke der Wasserhaut mm	Capillardruck atm
23	0.00001055	0.027
107	0.00000703	1.278
215	0.00000645	20.791.

Die weitere Untersuchung macht es sehr wahrscheinlich, daß in nächster Nähe der Glasfläche der Capillardruck ein überaus großer, Hunderte von Atmosphären messender ist.

Diese unter hohem Druck an der Glasfläche haftende Wasserhaut spielt nun auch eine wesentliche Rolle bei der Adsorption der Kohlensäure. Fehlt sie, so wird auch keine Kohlensäure adsorbirt, ist sie nur dünn, so daß die wirksame Oberfläche der Wasserhaut ganz nahe an der Glasfläche liegt, wo der Capillardruck sehr groß ist, so ist auch die Adsorption der Kohlen-

säure sehr bedeutend; dieselbe nimmt aber ab mit zunehmender Dicke der Wasserhaut. Diese Theorie findet in den Versuchen Bunsens vollständige Bestätigung. Als nach mehrstündiger Erhitzung der Fäden auf 505° 7 Tage lang ein Strom trockener Kohlensäure über sie geleitet wurde, fand keine nachweisbare Condensation von Kohlensäure statt; nach Zulassung von 0.0266 g Wasser wurden aber in 22 Stunden 23.8 cem Kohlensäure verdichtet, die Geschwindigkeit der Verdichtung nahm aber ab und war nach 28 Tagen unmerklich. Nach abermaliger Zulassung der gleichen Wassermenge, also Verdoppelung der Dicke der Wasserhaut betrug die Gasverdichtung in 6 Tagen nur 22 cem, während früher von der nur halb so dicken Wasserhaut in der gleichen Zeit 45 cem absorbiert worden waren.

Außerordentlich bedeutend ist die relative Größe der von der Wasserhaut absorbierten Kohlensäure: die 226 cem Wasser, welche sich auf den Glasflächen befanden, absorbierten in 33 Tagen 48.7 cem Kohlensäure, also ihr 2155 faches Volumen, während sie bei gewöhnlichem Atmosphärendruck unter sonst gleichen Umständen kaum ihr gleiches Volumen absorbiert haben würden.

Bunsen schließt hieraus, daß die von ihm aufgefundenen auffallenden Erscheinungen der Gasverdichtung an Glasflächen nicht auf Beobachtungsfehlern beruhen, wie von anderer Seite behauptet worden ist. Gleichzeitig macht er aufmerksam auf den Einfluß, den die auch bei sehr hohen Temperaturen noch am Glase zurückbleibenden Feuchtigkeitsspuren bei gasometrischen Bestimmungen äußern müssen.

Was aber den temporären Theil der Wasserhaut anlangt, der im Raume vom Dampfdruck Null verschwindet, so haben E. Warburg und T. Ihmori in Freiburg i. Br. sein Gewicht und seine Ursache zu ermitteln gesucht.¹⁾ Sie bedienten sich dazu einer sehr leichten und empfindlichen Wage ohne Arretirung mit Spiegelableseung, die in etwas unvollkommenerer Gestalt schon der Straßburger Naturforscher-Versammlung vorgeführt wurde. Der Wagebalken ist ein 8 cm langes, etwa 1 cm dickes, an den Enden zugeschmolzenes Glasröhrchen, als Schneiden dienen Stücke eines hohl geschliffenen Rasirmessers, die mit Siegellack aufgefittet sind. Die Schärfe

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 481.

Der Mittelschneide liegt an zwei Stellen auf einem Messinglager, das auf einer verticalen Messingsäule befestigt ist, die auf ein mit zwei Stellschrauben versehenes Tischchen aufgelöthet ist. An die beiden Enden der Mittelschneide ist ein gebogenes Glasröhrchen gefittet, welches ein als Ablese Spiegel dienendes Mikroskopdeckgläschen trägt. Der Balken ist gebogen, so daß die Mittelschneide mit den Endschnneiden möglichst genau in einer Ebene liegt. Zusammen mit dem fest mit ihm verbundenen Theil wiegt der Balken 0.21 g. Auf den Endschnneiden ruhen die dachförmigen Lager aus Messing, welche mit Schlingen aus feinem Platindraht versehen sind, an denen die Belastungen aufgehängt werden. Ein Lager mit Platinschlinge wiegt 0.024 g. Die Ableseungen am Spiegel erfolgten mit einem Fernrohr mit verticaler Scala, welche letztere 272 cm vom Spiegel entfernt war; durch Aufkitten kleiner Platinstückchen war der Schwerpunkt des Wagebalkens so regulirt, daß bei einer Belastung von 0.6 g auf jeder Seite ein Ausschlag von 30 Scalentheilen bei einem Uebergewicht von 0.1 mg erfolgte, wobei die Einstellung noch ganz sicher war. Mit wachsender Belastung nahm natürlich die Empfindlichkeit ab; sie betrug für eine Belastung von

0.6	0.8	1.0 g
30	26	23.1 Scalentheile

für 0.1 g. Um die Versuche im luftleeren Raume vornehmen zu können, stand die Wage auf einem schweren Luftpumpenteller, der auf einem in die Mauer eingelassenen Consol ruhte. Ueber die Wage war eine Luftpumpenglocke gestülpt, in welcher sich zur Beobachtung des Spiegels ein mit einer 8 mm dicken Glasplatte verschlossenes Fenster befand. Durch ein Ansatzrohr konnte die Glocke mit einer Quecksilberluftpumpe verbunden werden; außerdem konnte die Verbindung hergestellt werden mit einem mit Phosphorsäureanhydrid gefüllten Kolben und mit einem Rohr, das etwas Wasser enthielt; letzteres war mit Aether umgeben, der durch einen regulirbaren Luftstrom auf jeder Temperatur zwischen 5° und Zimmertemperatur erhalten werden konnte. Der Druck im Versuchsraum ward durch ein Manometer angegeben.

Das zu untersuchende Glas wurde in Gestalt dünnwandiger Ballons von etwa 0.4 g Gewicht und etwas über 2 cm

Durchmesser angewandt, die unten mit einer etwa 5 mm weiten Oeffnung versehen waren, um dem Wasserdampf auch ins Innere Zutritt zu gestatten. Ein Glashäkchen diente zur Aufhängung. Diese Ballons mußten tarirt werden. Dazu diente ein Platin- draht, der in eine zugeschmolzene Glasröhre eingeschlossen war; eine gleich große Glasröhre wurde mit dem Ballon zusammen an den gleichen Arm der Wage gehängt. Auf solche Weise wurde der Einfluß des Wasserniederschlags auf dem Gegengewicht beseitigt. Zur feineren Regulirung dienten kleine Stück- chen dünnen Platindrahts, dessen Absorption unmerklich ist.

Es wurden zunächst sechs Glasballons, je zwei aus Thü- ringer, Kali- und Bleiglas (spec. Gew. 2.32, 2.39 und 3.19) untersucht, deren Oberflächen man näherungsweise aus dem Quecksilbervolumen, das sie faßten, berechnet hatte. Nachdem der Ballon aufgehängt, die Glocke aufgesetzt und evacuirt worden war, wurde mittels einer Wasserluftpumpe ein Luftstrom durch den Aether geleitet, den man so regulirte, daß der Aether eine constante Temperatur zeigte. Alsdann wurde das Wasserröhr- chen in Verbindung gebracht mit dem Versuchraum, worauf in demselben in wenig Secunden der der Aethertemperatur entsprechende Dampfdruck sich einstellte. Der Stand der Wage wurde nun erst von Minute zu Minute, dann von 5 zu 5 Minuten abgelesen. War die Beobachtung über die Wasserauf- nahme beendet, so wurde die Verbindung mit dem Wasser- röhrchen unterbrochen und dafür die mit dem Phosphorsäure- anhydrid hergestellt; in einigen Secunden sank jetzt der Dampf- druck auf Null, und in weniger als einer Minute war der Wasserbeschlag verschwunden, die Wage hatte ihre frühere Ein- stellung wieder angenommen.

Außer dem Glas wurden auch noch Steinsalz, Platinblech und Schellack in ähnlicher Weise untersucht. Die Hauptresultate, welche durch diese Versuche gewonnen wurden, sind nun folgende.

1) An keinem in Wasser unlöslichen Körper (Platin, Glas mit Kieselsäureüberzug, alkalifreiem Glas) mit glatter Oberfläche konnte oberhalb des Thaupunktes ein Wasserbeschlag durch Wä- gung nachgewiesen werden; sollte sich dennoch ein solcher gebildet haben, so konnte derselbe bei der Empfindlichkeit der benutzten Wage die Dicke von 1 bis 2 Milliontel-Millimeter nicht übersteigen.

2) Die durch Wägung gemessene Wasserhaut, welche sich

bei alkalihaltigem Glase oberhalb des Thaupunktes bildet, rührt, wie bereits Faraday vermuthet hat, von einer kleinen Quantität freien oder locker gebundenen Alkali's an der Oberfläche her. Dasselbe muß jedesmal soviel Wasser anziehen, bis der Dampfdruck über der gebildeten Alkalilösung gleich dem Dampfdruck im Versuchssaum geworden ist.

3) Dieser durch Wägung gemessene Wasserbeschlag auf alkalihaltigem Glase ist die Ursache der elektrischen Oberflächenleitung, welche solches Glas in feuchter Luft vor dem Elektroskop zeigt; jedes Glas, bei welchem die Wage keinen meßbaren Wasserbeschlag angab, erwies sich vor dem Elektroskop als guter Isolator.

4) Steinsalz zeigte einen viele (bis 7·4) Milliontel-Millimeter dicken Wasserbeschlag bei Temperaturen, für welche der Dampfdruck über gesättigter Chlornatriumlösung größer war, als der Dampfdruck im Versuchssaume. Da aber in dem benutzten Steinsalz eine kleine Quantität Chlormagnesium nachgewiesen worden ist, so erklärt sich diese Erscheinung daraus, daß dieses Chlormagnesium Wasser anzog, bis der Dampfdruck über der gebildeten Chlormagnesiumlösung gleich dem Dampfdruck im Versuchssaum geworden war.

Wenn man unter dem Thaupunkt einer in Wasser löslichen Substanz in einem Raume die Temperatur versteht, bei welcher der Dampfdruck über der gesättigten Lösung der Substanz in Wasser gleich dem Dampfdruck in jenem Raume ist, so kann man sagen, daß bis jetzt noch bei keiner Substanz mit glatter Oberfläche oberhalb ihres Thaupunktes ein Wasserbeschlag beobachtet worden ist, welcher die Dicke von 1 bis 2 Milliontel-Millim. erreicht.

Während Duincke früher aus seinen Versuchen über Oberflächenspannung das Resultat abgeleitet hat, daß die Wirkung der Capillarkräfte sich bis zu Entfernungen von 50 Milliontel-Millim. erstreckt, haben Warburg und Ihmori bei ihren Messungen des Gewichts der Wasserhaut auf Glas und andern Körpern nichts gefunden, woraus man auf eine Wirkung der Molecularkräfte auf meßbare Entfernungen hin schließen könnte.

Ueber Nebelbildung hat Robert v. Helmholtz in seiner Inauguraldissertation ¹⁾ interessante Untersuchungen mit-

1) „Ueber Dämpfe und Nebel, besonders über solche von Lösungen.“
Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 508.

getheilt. Bei den von ihm angestellten Versuchen handelte es sich darum, in einem Gefäße mit gesättigtem Wasserdampf einen solchen Ueberdruck hervorzubringen, daß nach plötzlichem Ausgleich mit der Atmosphäre eben die erste Spur von Nebel sichtbar wird. Nach der allgemein verbreiteten Anschauung müßten in Luft, die mit Wasserdampf gesättigt ist, schon bei der allergeringsten Druckverminderung Nebel entstehen. Als jedoch bei den Helmholtz'schen Versuchen reines destillirtes Wasser in ein geeignetes Gefäß gebracht wurde, so trat im allgemeinen nach wenigen Minuten Sättigung der eingeschlossenen Luft mit Wasserdampf ein, aber die zur Nebelbildung erforderliche Druckverminderung hatte stets eine endliche Größe; auch schwankte dieselbe bedeutend, nämlich zwischen 10 und 40 mm Wasserdruck, wenn sie sich auch meist in der Nähe von 25 mm hielt.

Als eine Ursache dieser Unregelmäßigkeit wurde die wechselnde Benetzung der Wände des Gefäßes erkannt. Als diese Fehlerquelle durch eine andere Anordnung der Versuche umgangen wurde, ergaben sich für die Druckverminderung viel regelmäßigeren, und zwar viel kleinere Werthe.

Außerdem kommt aber noch ein zweiter, sehr wichtiger Umstand in Betracht. Es ist nämlich zuerst 1875 von *Coulier* und *Mascart*¹⁾ und 1880 von *Mitken*²⁾ gefunden worden, daß das Vorhandensein fester Staubkerne in der Luft eine nothwendige Bedingung für Bildung von Nebeln sei. *Mitken* ließ am 20. December 1880 vor der königl. Gesellschaft in Edinburgh Wasserdampf in zwei große Glasgefäße treten, von denen das eine mit gewöhnlicher Luft gefüllt war, während die Luft in dem anderen durch eine mit reiner Watte gefüllte Röhre geleitet und dadurch gereinigt worden war. In dem ersten Gefäß entstanden wie gewöhnlich wolkige Nebel, in dem andern blieb die Luft, obwohl mit Wasserdampf übersättigt, vollkommen klar und durchsichtig. Denselben Erfolg hatte ein anderer Versuch: Unter den Recipienten einer Luftpumpe wurde ein Wenig Wasser gebracht, damit die Luft sich mit Wasserdampf sättige; dann wurde der Druck ein Wenig vermindert und dadurch eine leichte Abkühlung bewirkt, und nun entstand, wenn der Recipient

1) Journal de Pharmacie et de Chimie, serie 4, XXII, p. 165.

2) Nature XXIII, p. 195.

unfiltrirte Luft enthielt, ein dichter Nebel, während in filtrirter Luft kein Nebel erkennbar ist. Mitten erblickt daher in dem Sichtbarwerden des Athems wie in den Wolken, welche der aus einer Locomotive ausströmende Dampf in der Luft bildet, ein sicheres Zeichen für die Anwesenheit zahlreicher kleiner, fester Theilchen in der Atmosphäre.

Auch bei anderen Dämpfen überzeugte sich Mitten davon, daß sie nur bei Anwesenheit fester Kerne Nebel zu bilden vermögen. Er untersuchte in dieser Hinsicht Schwefelsäure, Alkohol, Benzol und Paraffin.

Die Staubtheilchen in der Atmosphäre sind sehr mannigfachen Ursprungs. Der Meteorstaub mag wohl auch eine Rolle dabei spielen; auch die zahlreichen Salztheilchen, welche durch den Wasserstaub des Meeres der Luft zugeführt werden, sind von Wichtigkeit. Die hauptsächlichsten Quellen des atmosphärischen Staubes bilden aber ohne Zweifel die zahllosen Verbrennungsprocesse. Schon beim bloßen Erhitzen eines Stückes Glas, Eisen oder dergl. wird eine Menge Staub entwickelt, welcher zur Nebelbildung Anlaß giebt. Staubfreies Gas in staubfreier Luft verbrannt, giebt eine stark nebelbildende Atmosphäre. Es sind aber nicht die großen, als „Sonnenstäubchen“ dem bloßen Auge sichtbaren in der Luft schwebenden Theilchen, welche die Kerne der Nebeltheilchen bilden, sondern ganz kleine Partikelchen, die wir auch mikroskopisch nicht wahrzunehmen hoffen dürfen. Jene großen Theilchen, welche durch Hitze zerstört werden, vermögen zwar auch Dampf zu condensiren, aber sie sind viel zu wenig zahlreich, um die wirkliche Nebelbildung zu erklären. Eine sehr stark nebelbildende Luft erhält man durch Verbrennung von Kochsalz, am wirksamsten erwies sich aber verbrannter Schwefel: der durch solche schwefelhaltige Luft erzeugte Nebel war so dicht, daß man durch eine 5 cm dicke Schicht nicht mehr sehen konnte. Mitten ist daher geneigt, dem Schwefelgehalt der in London als Brennmaterial benutzten Kohlen einen wesentlichen Antheil an der Dichte der dortigen Nebel zuzuschreiben; berechnet man doch die Menge des an einem einzigen Wintertage in London verbrannten Schwefels auf 200 Tonnen!

R. v. Helmholtz hat nun durch seine Versuche die Abhängigkeit der Nebelbildung von der Staubmenge bestätigt gefunden; andererseits zeigte es sich aber auch, daß es sich mit

dem Thaupunkt ähnlich verhält wie mit dem Koch- und Gefrierpunkt. Man weiß, daß Wasser nur so lange stetig und bei normaler Temperatur siedet, als noch Lufttheilchen an den Gefäßwänden haften, und daß auch andererseits die erste Eisbildung feste Ansatzkerne braucht; dies hindert aber nicht, beide Punkte als fest zu betrachten, weil im Allgemeinen jene einschränkenden Bedingungen von selbst erfüllt sind.

Bezüglich der Nebelbildung constatirte v. Helmholtz, daß, wenn man die Luft vorher durch eine mit reiner Watte gefüllte Röhre von etwa 20 cm Länge geleitet hatte, man Druckverminderungen bis zu $\frac{1}{2}$ Atmosphäre hervorbringen konnte, ohne daß eine Spur von Nebel sichtbar ward. Dies würde theoretisch einer Abkühlung von ungefähr 50° C. und einer zehnfachen Uebersättigung des Dampfes entsprechen, wenn der Versuch bei gewöhnlicher Temperatur gemacht wird. Indessen waren die Dimensionen des Apparates zu klein, um den vollen Werth einer so großen Abkühlung zustande kommen zu lassen.

Außer der künstlichen Filtrirung giebt es aber auch noch eine spontane Reinigung der Luft durch die Gravitation, welche verändernd auf die zur Nebelbildung nöthige Depression wirkt. Dieselbe ist allerdings im Allgemeinen sehr langsam; im Ganzen nahm jene Depression in dem Helmholtz'schen Apparate nur um etwa 1 mm Wasserdruck in der Stunde zu, so daß sie nach Ablauf von 24 Stunden 30 bis 40 mm betrug. Da der Durchmesser des Dampfraumes nur etwa 3 cm war, so kann man leicht beurtheilen, wie langsam der Staub fällt. Jedenfalls dauert es mehrere Tage, bis die allerfeinsten Kerne gefällt sind. Nach vier Tagen fand allerdings v. Helmholtz keine Spur von Nebel mehr.

Beträchtlich beschleunigt wird der Fall der Staubkörner durch die Nebelbildung, was leicht erklärlich, da ja die Fallgeschwindigkeit so kleiner Körper wesentlich von ihrem Gewicht abhängig ist. Deshalb fällt auch der Rauch bei Nebel, wie Mitken erinnert, denn die Rauchtheilchen strahlen stark Wärme aus, kühlen sich ab und condensiren Wasserdampf, wodurch sie schwerer werden und herabfallen. Auch erklärt Mitken daraus, warum das Fallen des Rauches ein Vorbote von Regen ist; dasselbe zeigt nämlich einen gesättigten Zustand der Atmosphäre an. R. v. Helmholtz fand nun, daß er durch einige

wenige kräftige Depressionen allen Staub in seinem Versuchsraum zu fällen vermochte, wenn er nur für gereinigte Ersatzluft sorgte. Man kann sogar mit Leichtigkeit eine solche Größe der Nebelkörper hervorbringen, daß sie bei der leisesten Druckverminderung fallen, bei Druckvermehrung steigen. Hierbei kommen jedenfalls noch thermische Gleichgewichtsstörungen in Betracht: die eindringende Luft ist kälter als die schon vorhandene und hebt diese empor.

Es geht daraus hervor, daß dafür zu sorgen ist, daß die Luft im Dampfraume von Zeit zu Zeit durch neue, unfiltrirte ersetzt wird. Während des Experimentirens wird allerdings diese Bedingung von selbst erfüllt; durch die Compressionen wird nämlich genügend viel Staub eingeführt; nur morgens beim Beginn der Experimente mußte v. Helmholtz stets frische Luft einsaugen. Dabei hat derselbe nie bemerkt, daß die äußere Luft sich an verschiedenen Orten verschieden verhielt.

Die einzelnen Nebelkörperchen können wir uns nach v. Helmholtz als Kugeln denken, deren Radius von der Ordnung der Lichtwellen zu sein scheint, da man Nebel beobachtet, welche keine Interferenzfarbenerscheinungen zeigen, bei welchen also der Gangunterschied der hindurchgegangenen und vorbeigegangenen Strahlen klein ist im Vergleich zu einer Wellenlänge. Noch kleiner sind natürlich die Staubkerne. Es wird daher schon eine merkliche Erhöhung des Dampfdruckes erfordern, um überhaupt Nebel zu erzeugen, und zwar eine um so höhere, je kleiner die Staubkerne sind. Höchstwahrscheinlich ist in gewöhnlicher Luft, wie sie über der Erdoberfläche vorkommt, jede Staubgröße in jedem nicht zu kleinen Volumen vertreten, wenn auch in wechselndem Stärkeverhältniß.

Aus den theoretischen Betrachtungen v. Helmholtz's, wie auch aus dessen Versuchen ergiebt sich übrigens, daß sich unter sonst gleichen Umständen in höheren Temperaturen leichter Nebel bilden als in niedrigeren.

Wenn außer den Capillarkräften noch andere, z. B. chemische Kräfte zwischen den festen Theilchen und dem Dampf thätig sind, so kann der Nebel viel früher und stärker auftreten, ja er kann permanent werden, d. h. sich schon ohne Uebersättigung bilden und erhalten, so daß eine Compression dazu gehört, ihn verschwinden zu machen.

Auch über den Einfluß fremder Beimengungen zur Luft hat v. Helmholtz einige Versuche angestellt, und zwar meist in der Art, daß er die Luft durch die Flüssigkeit, deren Dampf untersucht werden sollte, in seinen Apparat sog. Hierbei wurde wieder constatirt, daß in allen Fällen das Vorhandensein von festen Theilchen eine nothwendige Bedingung ist für das Entstehen von irgend welchem Nebel. Sogar Ammoniak- und Salzsäuredämpfe geben, wenn beide einzeln gut filtrirt und dann zusammengebracht werden, keine Salmiaknebel. Dagegen entstehen permanente Nebel, wenn zu der gewöhnlichen mit Wasser gesättigten Luft noch andere hinzutritt, welche Spuren von Salzsäure, Schwefelsäure, schwefliger Säure, Salpetersäure oder Kohlensäure enthält. Am stärksten wirkt Salzsäure, am schwächsten Kohlensäure.

Als Schlußergebniß stellt v. Helmholtz die Sätze hin:

Das Entstehen von Nebeln in feuchter Luft fällt nicht genau zusammen mit dem Eintritt der normalen Sättigung, sondern mit einer etwas größeren. Es rührt dies zum Theil daher, daß über convexen Nebelkügeln größere Dampfspannung herrscht, als über ebenen Flächen. Dennoch ist wenigstens mittelbar nach Anbringung einer Correction die Nebelbildung ein empfindliches und genaues Kriterium der Sättigung, wenn man Sorge trägt, daß

erstens die Luft eine annähernd normale Menge von festen Staubtheilchen enthält, wozu genügt, daß sie nicht filtrirt, aber von Zeit zu Zeit erneuert wird, und daß

zweitens die Luft frei ist von irgend welchen Körpern, welche chemische Kräfte auf den Wasserdampf ausüben, namentlich frei von festen Salzen und von Säuredämpfen.

Diffusion gasförmiger Körper. — Um den Unterschied der Diffusionsgeschwindigkeit in verschiedenen Gasen, z. B. in Luft und Wasserstoff, zu zeigen, giebt A. Winkelmann folgendes Verfahren an:¹⁾ In die eine von zwei gleich langen Barometerrohren fülle man Luft, in die andere Wasserstoff, so daß die Quecksilberkuppen in beiden gleich hoch stehen. Läßt man dann zuerst in die Röhre, welche Luft enthält, und darauf in die Wasserstoffröhre Aether im Ueberschuß eintreten, so sinkt das

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 479.

Quecksilber in der letzteren Röhre schneller, wie folgende Zahlen zeigen, die bei einer Temperatur von 15° erhalten wurden:

Zeit in Minuten	Höhe der Quecksilbersäule in der		
	Luftröhre mm	Wasserstoffröhre mm	Differenz mm
0 ohne Aether	449	449	0
2 mit =	361	346	15
4 = =	359	332	27
8 = =	355	315	40
18 = =	332	280	52.

Der Aetherdampf diffundirt also in Wasserstoff viel schneller als in Luft. Schließlich nimmt natürlich die Druckdifferenz in beiden Röhren wieder bis auf Null ab, was indessen sehr lange dauert; denn beim obigen Versuch betrug diese Differenz nach 2 Stunden noch 30 mm.

Akustik.

Internationale Stimmtone-Conferenz.¹⁾ — Um eine gleichmäßige musikalische Stimmung einzuführen, traten im November vorigen Jahres in Wien Abgeordnete einer größeren Anzahl europäischer Regierungen zu einer Conferenz zusammen, die in den Tagen vom 16. bis 19. November im Palais des Unterrichtsministeriums ihre Sitzungen abhielt und mit Stimmeneinhelligkeit folgende Beschlüsse faßte:

1) Es soll ein einziger internationaler Normalstimmtone bestehen. Dieser Stimmtone soll dasjenige a sein, dessen Höhe durch 870 einfache Schwingungen in der Secunde bestimmt ist. Zur Darstellung dieses Tones wird nach wissenschaftlichen Regeln die Normalstimmgabel in der Weise construirt, daß dieselbe bei einer Temperatur von 15° C. den Normaltone giebt. Zur Durchführung dieses im Interesse der praktischen Musikpflege unbedingt nothwendigen Beschlusses empfiehlt die genannte Conferenz, und zwar gleichfalls mit Stimmeneinhelligkeit, allen hohen Regierungen die nachfolgenden Maßregeln:

1) Vgl. „Beschlüsse und Protokolle der Internationalen Stimmtone-Conferenz in Wien 1885. Veröffentlicht vom k. k. Ministerium für Cultus und Unterricht.“ Wien, im k. k. Schulbücherverlag. 1885.

2) Die Annahme und Einführung der Normalstimmung soll eine allgemeine und obligatorische sein. Insbesondere soll sie sich auf alle öffentlichen und Privatlehranstalten, in welchen Musik gepflegt wird, und in gleicher Weise auch auf Musikvereine, Theater u. s. w. erstrecken. Bei den Militär-Musikcapellen soll die Normalstimmung so bald als möglich, spätestens aber gelegentlich der nächsten Erneuerung ihrer Holz-Blasinstrumente, eingeführt werden. Auf die Patrone und Vorstände der Kirchen ist in geeigneter Weise einzuwirken, damit sie die Stimmung der bezüglichen Orgel nach dem Normaltone ehestens, jedenfalls aber gelegentlich des Neubaues oder einer umfassenden Reparatur derselben veranlassen.

3) Rücksichtlich des Zeitraums, innerhalb dessen die Einführung des Normalstimmtones vollzogen sein soll, ist von den einzelnen Staaten eine möglichst kurze Frist festzustellen.

4) Um den Normalstimmton vor Abänderungen zu bewahren, sollen folgende Maßnahmen getroffen werden:

a. Alle zur Annahme des Normalstimmtones verpflichteten Anstalten und Körperschaften sollen für die unveränderte Aufrechthaltung dieser Stimmung in ihrem Wirkungskreise verantwortlich und gehalten sein, eine verificirte Stimmgabel zu besitzen. Andere tönende Körper, wie Stimmzungen, Stimmpfeifen u. dgl., werden zur authentischen Wiedergabe des Normalstimmtones als nicht geeignet erklärt.

b. Die Regierungen sollen durch berufene Organe den unveränderten Bestand des Normalstimmtones in allen diesen Anstalten einer ständigen Controle unterziehen lassen.

c. Es werde vom Staate eine Behörde mit der Aufgabe betraut, die Normalstimmgabel zu verwahren, nach derselben alle ihr zur Verifikation zukommenden Gabeln zu prüfen, eventuell richtig zu stellen und durch Stempelung zu beglaubigen.

d. Zur Prüfung und Beglaubigung sollen nur solche Gabeln geeignet und zulässig erklärt werden, welche den nachstehenden Bedingungen entsprechen: α . Die Gabel muß aus nicht gehärtetem Gußstahl erzeugt sein. β . Die Zinken müssen parallel stehen und mindestens einen halben Centimeter breit sein. γ . Der zur Anbringung der Stempelungsmarke bestimmte Raum zwischen dem Ausschnitte der Zinken und dem Stiele muß mindestens einen Centimeter betragen. δ . Die zu veri-

ficirende Gabel muß rostfrei und weißglänzend polirt oder blau angelassen sein.

e. Das Verificationsamt hat die Richtigkeit der Stimmgabel sowohl mit der einheitlichen internationalen Verificationsmarke, bestehend aus der von einer Ellipse umschlossenen Schwingungszahl 870, als auch mit einem den betreffenden Staat bezeichnenden Stempel zu beglaubigen.

Mit diesen Beschlüssen bezüglich der Normalstimmung und ihrer Bewahrung gegen Veränderungen hatte die Conferenz ihre Aufgabe eigentlich erschöpft. Dieselbe hielt es aber für zweckmäßig, in einigen Zusatzbeschlüssen noch weitere Andeutungen zu geben. Zur Erhaltung der Normalstimmung sollen alle Theater und Concert-Institute zu folgenden Maßregeln angehalten werden:

1) Die zu verwendenden Vocalinstrumente sollen bei 24° C. auf die Normalstimmung abgestimmt sein. Der Instrumentenmacher soll für die in dieser Weise abgestimmten Instrumente durch eine seiner Fabrikmarke beigedruckte Stimmungsmarke die Haftbarkeit übernehmen.

2) Das geeignetste Instrument, um in den Orchestern richtig einstimmen zu lassen und dadurch die Normalstimmung zu conserviren, ist die elektromagnetisch bewegte Stimmgabel. In Ermangelung einer solchen darf nach der Oboe erst dann eingestimmt werden, wenn dieselbe gänzlich durchwärmt ist. Dem Concertmeister ist die Verantwortung für die völlig reine Einstimmung des Orchesters aufzuerlegen.

3) Die Orgeln sollen für jene mittlere Temperatur, welche den besonderen Verhältnissen ihrer Verwendung entspricht, auf die Normalstimmung gebracht sein.

G e r ä u s c h e. — Um festzustellen, ob Explosionsgeräusche nur aus einer einzigen Welle oder aus einer Reihe von Wellen bestehen, bediente sich Ernst Brücke¹⁾ des bekannten Apparates, nur in etwas modificirter Form, den König für die Flammenbilder der Vocale angegeben hat (vgl. dieses Jahrb. IV, S. 70). Ein präciser Klatsch mit den Händen gab dem Flammenbild in der Regel nur eine Zacke, und dasselbe war der Fall, als mit Knallgas gefüllte Seifenblasen

1) Sitzungber. der Wiener Akad., Abth. III, Bd. XC, S. 199.

zum Verpuffen gebracht wurden. Damit war also die einfache Natur dieser Geräusche festgestellt.

Zur Erzeugung von Explosionsgeräuschen, ähnlich dem Knall der Schußwaffen, kamen Bleiröhren zur Verwendung, aus denen durch comprimirte Luft ein Pfropfen mit heftigem Knall herausgetrieben wurde. Dabei zeigten die Flammenbilder stets eine Reihe von Zacken mit abnehmender Stärke, die durch secundäre Luftschwingungen in den Röhren hervorgerufen wurden. Um diese zu verhindern, wurden die Röhren mit loser Baumwolle gefüllt; aber dann sprang der Pfropf fast lautlos ab. Wenn nun bei diesen Versuchen in den Bleiröhren secundäre Fluctuationen der Luft stattfanden, so ist es nicht zu bezweifeln, daß solche auch beim Abfeuern eines Gewehrs oder eines Geschützes eintreten und die Tiefstonigkeit eines Kanonenschusses kann nicht ausschließlich in der Dimension der primären Welle ihren Grund haben. Es wird vielmehr in der Periode der auf einander folgenden secundären Luftstöße ein Moment liegen, durch welches die tiefgestimmten Elemente im Corti'schen Organ der Gehörschnecke auch verhältnißmäßig stärker erregt werden. Im Knall der Schußwaffen hören wir eigentlich einen so kurzen Ton, daß er nicht als Ton empfunden wird, und wenn uns sein primärer Impuls aus der Nähe zukommt, so ist derselbe so stark, daß er alle Schneckenfasern gleichzeitig erregt.

Zum Nachweis des Einflusses, den die Länge der Schallwelle auf die Qualität der erzeugten Gehörempfindung ausübt, sind mit Knallgas gefüllte Seifenblasen am geeignetsten, sobald sie eine gewisse Größe nicht übersteigen, weil sonst durch den Knall wahrscheinlich alle Gehörnerven erregt werden. Die großen Blasen gaben bei solchen Versuchen immer einen dumpferen, tieferen Ton als die kleinen, obwohl das Flammenbild immer nur eine Zacke zeigte, auf eine einzige Welle deutend. Es giebt sich also auch bei bloß einer Welle ganz entschieden ein akustischer Unterschied kund.

Hohe Explosivgeräusche vermögen bekanntlich durch ihre Aufeinanderfolge keinen tiefen Ton zu erzeugen, auch wenn die einzelnen Luftstöße langsam auf einander folgen. Wahrscheinlich rührt dies daher, daß jedes einzelne Geräusch die tiefgestimmten Organe des inneren Ohres nicht genügend in Bewegung setzt, so daß die Nachwirkung noch andauert, wenn

der nächste Impuls folgt, und daß so durch die wiederholten Stöße keine Summationserregung der tiefer gestimmten Gebilde erfolgen kann. Wenn aber trotzdem die Empfindungen der Einzelstöße in einander fließen, so wird ein Schwirren oder Zirpen, bei stärkeren Stößen auch ein Knarren oder Kreischen gehört. Durch Versuche mit dem Savart'schen Rade, mit sog. Waldteufeln oder Kinderknarren läßt sich dies leicht nachweisen, jedoch muß, wenn diese Versuche rein sein sollen, jedes Nachschwingen ausgeschlossen sein. Findet solches statt, so erhält man tiefe Töne, z. B. beim Waldteufel, während bei Abdämpfung der Nachschwingungen eine langsame Wiederholung der Stöße nur Geräusche, eine schnelle dagegen deutliche Töne giebt. Ebenso geben Telephone bei langsam aufeinander folgenden elektrischen Stößen Geräusche, bei sehr schneller Folge derselben aber Töne.

Uebrigens läßt sich eine feste Grenze zwischen Ton und Geräusch nicht angeben. Zwischen dem Ton, den eine Glocke beim Anschlagen giebt, und dem Geräusch, das man hört, wenn ein Stück Pappe angeschlagen wird, liegt eine stetige Reihe, in welcher das Ausklingen immer rascher erfolgt, bis endlich kein Ton mehr gehört wird. Uebrigens findet hierin auch zwischen verschiedenen Personen ein Unterschied statt, indem nicht selten die eine einen Ton von bestimmter Höhe hört, wo die andere nur ein Geräusch wahrnimmt.

Die charakteristische Qualität des Geräusches ist hauptsächlich dadurch bestimmt, ob dasselbe die höher oder die tiefer gestimmten Elemente des Gehörorganes erregt. Bei sehr starken Geräuschen tritt dieselbe um so deutlicher hervor, je weiter die Schallquelle entfernt ist. So erregt ein in der Nähe abgefeuerter Kanonenschuß höchst wahrscheinlich sämtliche Nervenfasern, ein Schuß in der Ferne aber nur die zu seiner Schwingungszahl passenden; dies ist auch jedenfalls der Grund, weshalb der Schuß im letzteren Falle viel tiefer klingt. Im Rauschen des Meeres oder des Windes im Laubwald treten zahlreiche kleine Explosionsgeräusche und Schläge auf, die man im letztern Falle einzeln hört, wenn man sich nahe an den Baum begiebt, durch dessen Laub der Wind weht. Neben diesen kleinen Schlägen sind im Rauschen auch noch Reibungsgeräusche vorhanden, die sich bezüglich des Bewegungszustandes der Luft-

theilchen etwa so zu den Tonwellen verhalten, wie die kleinen unregelmäßigen Wellen eines Baches zu den Wellen auf einem stehenden Gewässer. Das Zischen ist vom Krauschen namentlich durch die größere Höhe und raschere Aufeinanderfolge der Einzelgeräusche verschieden. Hauchen und Wehen stellen die schwächsten noch durch das Ohr wahrnehmbaren unter den durch Reibung verursachten unregelmäßigen Luftbewegungen dar.

Nachdem man einmal erkannt hat, daß bei den Momentangeräuschen, den Explosionen und Schlägen ein größerer oder geringerer Theil unserer tonempfindenden Nerven erregt wird, hat man auch nicht mehr nöthig, für die Wahrnehmung der verschiedenartigen Geräusche besondere Nerven anzunehmen. Wie bei den Tönen ist es auch bei den Geräuschen das Corti'sche Organ der Gehörschnecke, welche uns diese Empfindungen vermittelt. Ihre Vielartigkeit erklärt sich hinlänglich aus der verschiedenen Wellenlänge und Amplitude der einzelnen Impulse, aus ihrer größeren oder geringeren Unregelmäßigkeit, ihrer rascheren oder langsameren Aufeinanderfolge, sowie aus ihrer Gestalt und aus den secundären, durch Resonanz von den einzelnen Impulsen erzeugten Wellen.

Vocale. — Graßmann's Vocaltheorie, über welche Jahrg. XIV dieses Jahrb., S. 138, ausführlicher berichtet wurde, ist neuerdings durch J. Lahr einer eingehenden experimentellen Prüfung unterworfen worden,¹⁾ was um so werthvoller ist, als Graßmann selbst diese Theorie nur sehr dürftig durch Experimente gestützt hatte. Da die Lahr'schen Versuche diese Theorie in allen wesentlichen Punkten bestätigen, so läßt sich erwarten, daß dieselbe in Zukunft mehr Beachtung finden wird als bisher.

Nach dieser Theorie sind die Vocale der Reihe u - ü - i durch das Mitklingen eines einzigen Obertons charakterisirt, der für u von c bis etwa c^3 hinaufreicht, für ü von da bis etwa c^4 , für i von da bis zu beliebiger Höhe. Je nachdem der Oberton tiefer oder höher ist, entsteht ein dunklerer oder hellerer Vocal, immer aber bleibt der Vocalcharakter an eine gewisse Höhe des Obertones gebunden. Es ist also das u mit dem Obertone c das tiefste überhaupt im Bereich der menschlichen Stimme vorkommende,

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 94.

das u mit dem Obertone c^3 aber das höchste, und wenn der Oberton noch höher hinaufgeht, so entsteht ein ü. Beim a dagegen ertönen eine ganze Reihe von Obertönen, sieben bis neun, in fast gleicher Stärke. Aus diesen Vocalen lassen sich nun alle übrigen durch Uebergang eines Vocales der Reihe u-ü-i in a ableiten. Graßmann spricht sich darüber in den Worten aus: „Ich definire den Vocal o als $u + a$, d. h. die Obertöne von o liegen von dem charakteristischen Tone des u ... halb so weit entfernt, als die Obertöne von a. Ist z. B. c der Grundton, so enthält a die Obertöne von c^1 bis c^3 , also o die Obertöne von c^1 bis c^2 , also $c^1 g^1 c^2, \dots$. Ähnlich kann man den Vocal ö als in der Mitte zwischen ü und a liegend annehmen und e als in der Mitte zwischen i und a liegend. Man kann hiernach, wenn man u-i-a oder irgend drei andere Vocale, von denen einer nicht als zwischen den beiden anderen liegend erscheint, durch drei Punkte einer Ebene darstellt, jeden anderen Vocal durch einen genau bestimmten Punkt dieser Ebene darstellen.“

Vahr hat bei seinen Versuchen theils Stimmgabeln angewandt, theils Phonographen. Zunächst wurden Stimmgabelversuche über die Resonanz der Mundhöhle angestellt, bei denen es sich in erster Linie um eine Entscheidung darüber handelte, ob die Tonhöhe stärkster Resonanz für jeden Vocal eine feste ist, wie Helmholtz lehrt, oder ob sie eine verschiedene ist. Am geeignetsten erschien für diese Versuche der Vocal u, der nach Helmholtz nur eine einzige Tonhöhe stärkster Resonanz besitzt, nämlich f. Da nun dieser Vocal nach Graßmann durch einen einzigen Oberton charakterisirt ist, der je nach der Höhe des Grundtones oder der Nuance des Vocals ein verschiedener sein soll, so muß auch jede auf irgend welche Höhe abgestimmte Stimmgabel stärker erklingen, wenn man sie angeschlagen vor die Mundöffnung bringt, während man die Mundtheile in die Stellung bringt, als wolle man u auf einen Ton sprechen oder singen, der zu dem Stimmgabelton Grundton ist. Die Versuche von Vahr, namentlich die, welche mit Gabeln angestellt wurden, die auf b^1 und b^2 , nach Helmholtz den charakteristischen Tönen für die Vocale o und a, abgestimmt waren, sprechen nun durchaus zu Gunsten der Graßmann'schen Theorie: Bringt man die schwingende b^1 -Gabel vor die Oeffnung des Mundes, wäh-

rend man diesen so stellt, als wolle man u auf den Ton b singen, und führt man dann die Mundtheile plötzlich in die o = Stellung über, ohne die Stellung der Gabel zu ändern, so wird es zweifelhaft bleiben, in welcher Mundstellung die Gabel am stärksten erklingt. Beinahe ebenso verhält es sich mit der b^2 = Gabel, wenn man den Mund aus der u = Stellung in die a^0 = oder o = Stellung überführt; bei der reinen a = Mundstellung wird dagegen der Stimmgabelton nur wenig verstärkt. Dabei ist der durch die Mundhöhlenresonanz verstärkte Klang der Stimmgabel ein verschiedener, je nachdem die Mundstellung für u, o oder a^0 berechnet ist, so daß beim raschen Wechsel der Mundstellung ein Zuhörer, ohne die Mundstellung zu sehen, dieselbe leicht am Klang zu erkennen vermag. Mag man auch diese Versuche noch nicht für entscheidend für Graßmann's Theorie erachten, so zeigen sie doch sicher, daß die Tonhöhe stärkster Resonanz für den Vocal u keine feste ist, sondern daß sie sich mit der Höhe des Grundtones ändert.

Lahr stellte dann weitere Versuche nach der von Helmholtz angegebenen synthetischen Stimmgabelmethode an, indem er die einzelnen Vocale dadurch zu erzeugen versuchte, daß er einen oder mehrere Obertöne mit dem Grundtone zusammen erklingen ließ. Zunächst strich er zwei auf c und c^1 abgestimmte, auf Resonanzkästen aufgesetzte Gabeln gleich stark mit dem Violinbogen an. Der dabei erhaltene Klang glich einem o = ähnlichen u, nahm aber mehr den Klang eines reinen u an, je mehr der eine von beiden Tönen gegen den anderen zurücktrat. Läßt man statt des ersten den zweiten, dritten oder einen noch höheren Oberton mit dem Grundton zusammen erklingen, so nimmt der Vocalcharakter eine hellere Färbung an und geht schließlich in ü über; i erhält man, wenn man den Grundton nur schwach, dagegen einen Oberton sehr stark erklingen läßt. Läßt man zu dem gleich stark erklingenden Grund- und erstem Oberton noch einen zweiten Oberton hinzutreten, so tritt sofort eine Aenderung des Klanges ein, der sich am deutlichsten als o kund giebt, wenn man plötzlich einen Oberton, oder noch besser beide Obertöne zum Schweigen bringt. Der plötzliche Uebergang von dem einen zum anderen Klang läßt deutlich die Vocale o und u erkennen. Schöner und voller aber erklingt das o, wenn man außer dem Grundtone c noch die Obertöne c^1 , g^1 , c^2 ertönen

läßt. Als aber Lahr in Ermanglung einer Stimmgabel für den vierten Oberton noch den fünften Oberton hinzutreten ließ, änderte sich der Klang sofort wieder. Dabei läßt sich der Charakter des einzelnen Vocales auch wieder am leichtesten erkennen, wenn man zunächst den zuletzt hinzugetretenen Oberton plötzlich verstummen läßt und dann beliebige zwei oder auch alle drei Obertöne zum Schweigen bringt. Auffallend ist der Uebergang von a^0 zu a , wenn man noch einen weiteren Oberton hinzutreten läßt (Lahr benutzte in Ermanglung einer genau passenden Stimmgabel eine solche mit 1000 Schwingungen). Davon aber, daß es nicht dieser eine Ton ist, der den Vocalcharakter bestimmt, sondern der Gesamtklang aller Partialtöne, überzeugt man sich leicht, wenn man alle Töne mit Ausnahme des vermeintlich charakteristischen plötzlich zum Schweigen bringt; es entsteht dann plötzlich ein hell klingendes u . Den Vocal $ö$ vermochte Lahr zwar hervorzubringen, aber nicht ganz vollkommen, wahrscheinlich weil ihm der erwähnte vierte Oberton fehlte, der jedenfalls zum $ö$ -Ton gehört. Der Ton e konnte nicht deutlich genug erzeugt werden, weil die zur Verfügung stehenden hohen Stimmgabeln nicht auf Resonanzkästen aufgesetzt waren und deshalb zu rasch verflangen.

Zu den Hilfsmitteln zur Prüfung der Vocaltheorie gehören außer den Stimmgabeln auch der Phonograph, also die graphische Aufzeichnung der Schwingungen, und der Phonograph, mit dessen Hülfe die Schwingungen erst aufgezeichnet werden und sich nachher beliebig reproduciren lassen. Wenn es einzelne Töne von bestimmter Höhe sind, durch welche die verschiedenen Vocale charakterisirt werden, so können, wie schon 1879 Bell erinnert hat, die vom Phonograph aufgezeichneten Curven nicht periodisch sein, wenn man einen Vocal auf einen Ton singt, der zu dem charakteristischen Ton desselben nicht Grundton ist. Es würde überhaupt, wenn die Helmholtz'sche Theorie richtig ist, die Curve für einen und denselben Vocal für jede Tonhöhe eine andere werden. Nach den Versuchen von Bell und Blake (vgl. dieses Jahrb. XV, S. 120) ergiebt sich aber für jeden Vocal, wenigstens nahezu, eine und dieselbe periodische Form der Curve, wenn auch die Tonhöhe eine verschiedene ist. Die Abweichungen von der vollkommenen Uebereinstimmung in der Gestalt dürften sich wohl genügend

dadurch erklären, daß die Vocalaussprache auch bei derselben Person sich nicht in allen Höhen gleichbleibt.

Wenn somit die Aufzeichnungen des Phonographen für die Richtigkeit der Graßmann'schen Theorie sprechen, so wird dieselbe andererseits auch durch die Versuche mit dem Phonographen bestätigt, welche Lahr angestellt hat. Spricht oder singt man nämlich einen Vocal in den Schallbecher des Phonographen, während die Walze desselben mit bestimmter Geschwindigkeit gedreht wird, so wird dieser Vocal von dem Apparate reproducirt, wenn dabei die Umdrehungsgeschwindigkeit dieselbe ist. Gilt v. Helmholtz' Lehre von der absoluten Höhe der charakteristischen Töne, so muß der Vocalcharakter ein wesentlich anderer werden, sobald die Drehung langsamer oder schneller erfolgt als anfangs, während nach Graßmann's Theorie die Rotationsgeschwindigkeit innerhalb gewisser Grenzen ändern darf, ohne daß eine Aenderung des Vocalcharakters eintritt. Lahr erhielt nun folgende Resultate:

1) u in den Schallbecher des Phonographen gerufen, während die Walze mit mäßiger Geschwindigkeit gedreht wird, wird als derselbe Vocal reproducirt bei derselben und verminderter Umdrehungsgeschwindigkeit. Ist die Umdrehungsgeschwindigkeit eine größere, so wird ein ü und bei noch schnellerer Umdrehung ein i gehört, letzteres einem schrillen Pfeifenton entsprechend.

2) ü in den Apparat gerufen, wird bei gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit wieder als ü reproducirt, bei verminderter als u, bei beschleunigter als i.

3) o wird bei gleicher und bei verminderter Geschwindigkeit wieder als o erkannt, bei vermehrter als ö und bei noch größerer als e.

4) a behält bei der Reproduction seinen Vocalcharakter bei, wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit die ursprüngliche oder eine vermehrte ist; bei verminderter Geschwindigkeit hört man ein a⁰, was Lahr dem Umstande zuschreibt, daß dann die hohen Obertöne nicht laut genug reproducirt werden.

In anderer Weise haben schon vor längerer Zeit Jenkin und Ewing den Phonographen zur Analyse der Vocalflänge benutzt; sie haben nämlich, wie bereits im XIV. Jahrg. dieses Jahrb. erwähnt, die Ordinaten der in die Zinnfolie der Walze

eingedrückten Curven durch einen Mechanismus vergrößern und die Curven so auf Papier reproduciren lassen, um dann aus denselben die einzelnen Partialtöne und ihre relativen Intensitäten abzuleiten. Nach demselben Princip hat nun auch Lahr gearbeitet, nur hat er sich nicht des allzucomplicirten Jenkin-Ewing'schen Apparates, sondern des zweckentsprechend abgeänderten Marey'schen Polygraphen bedient. Auf diese Weise hat Lahr für die Intensitäten J_1, J_2, J_3, \dots der zwölf ersten Partialtöne der verschiedenen Vocaltöne, gesungen auf den Ton f^1 die folgenden Werthe erhalten:

	f^1	f^2	c^3	f^3	a^3	c^4	(dis ⁴)	f^4	g^4	a^4	(b ⁴)	c^5
	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}	J_{11}	J_{12}
u	1	0.284	0.030	0.011	0.010	—	—	—	—	—	—	—
u	1	0.268	0.025	0.067	0.070	0.106	0.005	—	—	—	—	—
ū	1	0.114	0.872	0.080	0.003	0.019	0.005	0.006	—	—	—	—
ū	1	—	—	0.008	0.008	0.421	0.015	0.019	—	—	—	—
ū	1	0.618	0.037	0.032	0.083	0.072	—	—	—	—	—	—
i	1	0.044	0.009	0.006	0.002	0.338	0.049	0.025	0.032	0.030	0.002	0.014
i	1	0.076	0.027	0.032	0.025	—	0.005	0.192	—	—	—	—
a*	1	1.288	1.128	2.214	1.625	2.376	1.587	2.896	0.340	0.290	0.048	—
a	1	0.880	0.909	1.840	1.375	1.800	2.107	0.048	0.405	0.090	—	—
a	1	0.604	0.999	1.232	1.250	1.800	2.450	1.786	—	—	—	—
a ⁰	1	13.200	0.225	9.968	0.558	7.740	0.496	1.382	0.243	0.170	—	—
a ⁰	1	13.222	0.270	19.200	5.150	29.736	0.147	—	—	—	—	—
o	1	24.416	1.404	22.848	1.000	1.260	1.196	—	—	—	—	—
o	1	16.000	0.882	27.520	1.550	0.216	0.049	—	—	—	—	—
ä	1	1.052	27.220	7.328	25.650	31.716	9.015	11.840	4.293	1.620	0.121	0.003
ä	1	0.372	8.163	2.976	22.500	30.132	9.114	13.376	—	—	—	—
ö	1	0.760	3.896	2.560	1.250	0.072	0.019	0.241	—	—	—	—
ö	1	0.928	1.998	0.432	2.350	0.900	0.147	0.038	0.064	0.020	0.012	0.005
e	1	1.014	0.081	0.112	0.002	—	0.887	0.384	0.324	0.050	0.024	—
e	1	0.704	0.027	0.048	0.008	0.006	0.008	1.145	2.107	0.129	0.040	—

Die Intensität Null ist in dieser Tabelle durch — angedeutet, wo kein Zeichen steht, sind keine Intensitäten berechnet worden.

Aus diesen Resultaten, sowie aus den von Jenkin und Ewing gewonnenen zieht nun Lahr folgende Schlüsse:

1) Der Hauptcharakter des u liegt in der Verstärkung eines einzigen Obertones, meist des ersten, der am deutlichsten hervortritt in der ungestrichenen Octave, während er oberhalb einer gewissen, für verschiedene Stimmen allerdings verschiedenen Tonhöhe, fast ganz verschwindet. Die Höhe, bei welcher dieser Wechsel in der Verstärkung des Obertones eintritt stimmt genau überein mit der Höhe, in welcher wir einen Wechsel

im Klang unserer Stimme beobachten: oberhalb derselben ist sie weniger kräftig, aber zarter und weicher, übereinstimmend mit der Angabe von Helmholtz, daß rauhe schmetternde Töne hauptsächlich durch stark hervortretende Obertöne verursacht werden, während bei zarten, weichen Tönen die Obertöne sehr schwach auftreten. In tieferen Tonlagen wird außer dem ersten auch noch der zweite Oberton verstärkt, das u neigt dann beim Singen etwas zum o-Charakter hin.

2. Beim ü ist der charakteristische Oberton mehr verstärkt als beim u, wenn beide Vocale von derselben Stimme in gleicher Höhe gesungen werden. Die Ergebnisse für diesen Ton stimmen mit Graßmann's Angaben deshalb sehr gut überein, weil es nicht immer derselbe Oberton ist, der als charakteristisch hervortritt. Dieselbe Beobachtung wurde auch beim i gemacht, bei dem übrigens besonders die hohen Obertöne auftraten, die beim u nicht vorhanden sind.

3. Besonders sprechen für die Graßmann'sche Ansicht die Ergebnisse, die bezüglich des Vocales o erhalten worden sind. Wenn z. B. dieser Vocal auf B oder e gesungen wurde, so traten den Jenkin und Ewing'schen Messungen zufolge drei oder zwei Obertöne verstärkt auf, während bei u, auf dieselben Töne gesungen, nur zwei Obertöne oder auch nur ein einziger verstärkt erscheint.

4. Während o in obiger Tabelle durch die Verstärkung zweier Obertöne charakterisirt erscheint, tritt bei a⁰ in derselben Tonhöhe noch ein dritter und vierter Oberton hinzu.

5. Während der Charakter der Vocale u, o — a⁰ schon durch die verschiedene Anzahl der verstärkten Obertöne unterschieden werden konnte, so unterscheidet sich ä noch außerdem ganz besonders durch die Lage der verstärkten Obertöne zum Grundtone: bei den erstgenannten gehört der erste Oberton zu den verstärkten, bei ä tritt derselbe fast ganz zurück, während die Obertöne bis zum achten und neunten besonders verstärkt sind.

6. Einen schlagenden Beweis für die Richtigkeit der Graßmann'schen Theorie liefern die im Bezug auf das ö erhaltenen Resultate, bei welchem Vocale die Obertöne nur halb so weit vom charakteristischen Oberton des ü (e³) entfernt liegen sollen, als von den Obertönen des a. In der That finden wir, nicht wie bei o den ersten, sondern erst den zweiten Oberton e³, den

nach Graßmann charakteristischen Ton für *ü*, verstärkt; außerdem treten die Obertöne bei diesem Vocale sehr viel schwächer auf, als beim *o*, er klingt daher weicher als *o*.

7. Auch bei *e* treten die Obertöne nur schwach auf; während aber bei *ö* die hohen Obertöne fast gar nicht in Betracht kommen, sind dieselben, ähnlich wie beim *ä*, für *e* charakteristisch; *ä* und *e* unterscheiden sich hauptsächlich durch die Intensität ihrer Obertöne.

8. Beim *a* treten die acht ersten Obertöne fast gleich stark auf. Wahrscheinlich werden aber, wenn mehr Beobachtungen angestellt werden, gerade bei diesem Vocal infolge dialektischer Verschiedenheiten, die abweichendsten Resultate sich herausstellen.

Es ist sonach nicht ein Ton von bestimmter absoluter oder relativer Höhe, der den Charakter eines Tones bestimmt, sondern die Vocale sind charakterisirt

1. durch die Anzahl,
2. durch die Intensität und
3. durch die Lage der verstärkten Obertöne im Bezug auf den Grundton.

Da aber das Verhältniß dieser drei charakteristischen Vocaleigenschaften zu einander nicht nur bei den verschiedenen Vocalen, sondern auch bei einem und demselben Vocale sehr verschieden ist, so läßt sich eine bestimmte Definition für die einzelnen Vocale noch nicht geben, sondern man muß mit Graßmann sagen: „Die Vocale können ebenso wie die Farben nur durch Vertheilung auf einer ganzen Fläche vollständig dargestellt werden.“

Schließlich sei noch daran erinnert, daß der Graßmann'schen Theorie nahe verwandt ist die Ansicht von Graham Bell, nach welcher ein Vocal ein musikalischer Complex von Theiltönen ist, deren Schwingungszahlen Vielfache von der des Grundtons der Stimme sind; dabei herrschen immer diejenigen Theiltöne vor, deren Tonhöhe am nächsten liegt der Resonanzhöhe der Hohlräume bei der betreffenden Mundstellung.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Explosionen. — Um die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit welcher die Explosionswelle sich in einem detonirenden Gasgemisch fortpflanzt, füllten Berthelot und Vieille¹⁾ kürzere oder

1) Comptes rendus, T. XCIV, p. 101, 149.

längere Röhren mit dem betreffenden Gase, das an dem einen Ende durch einen elektrischen Funken entzündet wurde und bei seiner Explosion an zwei Stellen einen elektrischen Strom unterbrach. Die Zeit, welche die Explosionswelle brauchte, um von der einen bis zu der andern Stelle zu gelangen, wurde durch einen Chronographen gemessen, der noch $\frac{1}{2000}$ Secunde erkennen ließ.

Bei Knallgas ergab sich in einer 5 mm weiten Bleiröhre von 43.135 m Länge eine mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Explosionswelle von 2841 m in der Secunde, und fast ebenso groß, nämlich 2810 m, wurde sie in einer gleichweiten, 40.109 m langen Kautschukröhre gefunden. Das Material der Röhre ist also ohne nachweisbaren Einfluß auf diese Geschwindigkeit, wohl aber kann die Weite der Röhre einen solchen ausüben: in einem 43.34 m langen System von 1.5 mm weiten Glasröhren wurde im Mittel aus zwei Versuchen bloß eine Geschwindigkeit von 2341 m erhalten. Indessen scheint eine solche Verzögerung doch nur bei sehr kleinen Durchmessern einzutreten. Bei diesen letzteren Versuchen konnte man die Explosionsflamme in der Röhre sehen, aber es war natürlich nicht möglich, ihre Fortpflanzung zu verfolgen, vielmehr sah man die Flamme auf einmal im ganzen Verlauf der Röhre aufleuchten. Einmal blieb sie ohne zu verlöschen unterwegs stehen und ging langsam, um etwa 2 m in der Secunde, wieder an ihren Ausgangspunkt zurück.

Versuche mit anderen Gasgemischen zeigten, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Explosion wesentlich abhängt von der Natur des Gases: während sie bei einem Gemenge von Wasser- und Sauerstoff = 2810 m gefunden wurde, ergaben sich für Kohlenoxyd und Sauerstoff nur 1089 m. Namentlich verzögert die Einführung eines passiven Gases die Geschwindigkeit der Fortpflanzung; so sank sie für Knallgas bei Beimischung von 52 Proc. Luft auf 1439 m, bei 60 Proc. auf 1251 m, bei 65 Proc. auf 1205 m und bei 67.5 Proc. wurde die Detonation überhaupt nicht mehr fortgepflanzt.

Die Geschwindigkeit der Fortpflanzung scheint wesentlich gleichmäßig zu sein, nur anfangs etwas geringer; Druckschwankungen etwa von 1 zu 3 in der Nähe des Atmosphärendruckes scheinen ebenfalls keine Wirkung zu üben.

Dieselben Physiker haben später in Verbindung mit Sebert auch mit explosiven festen und tropfbarflüssigen Stoffen analoge Versuche angestellt in Röhren aus Blei, Zinn oder Britanniametall von 1 bis 2 mm Durchmesser im Lichten und 100, ja selbst 200 m Länge.

Comprimirte pulverförmige Schießbaumwolle gab in Bleiröhren von 4 mm äußerem Durchmesser und etwa 100 m Länge 4952 bis 5500 m Geschwindigkeit, in ähnlichen, mit Hanf umflochtenen Röhren 5749 bis 4133 m. Als die Geschwindigkeit in Intervallen von 25 m gemessen wurde, ergaben sich anfangs kleinere, dann größere Werthe (4661 bis 5980 m). Das Mittel aus den gemessenen Geschwindigkeiten betrug 5200 m.

In Zinnröhren wurde bei derselben Substanz, nur in etwas dichterem Zustande, bei 4 mm äußerem Durchmesser 5916 m und bei 5.5 mm Durchmesser 6100 m Geschwindigkeit gefunden. Auch hier war beim weitem Fortschreiten der Explosion die Geschwindigkeit beschleunigt.

Bei körniger Schießbaumwolle war die Geschwindigkeit in einer Röhre von 4 mm Durchmesser 4770 m, in einer Bleiröhre von 5.5 mm Durchmesser 5406, und in einer Röhre von 10 mm äußerem und 6 mm innerem Durchmesser schwankte sie zwischen 3767 und 3795 m.

Schießstärke gab in einer Zinnröhre von 4 mm äußerem Durchmesser 5210 und 5685 m mittlere Geschwindigkeit, in einer solchen von 5.5 mm Durchmesser aber 5807 m. In einer Bleiröhre von 4 mm Durchmesser ergaben sich 4885 und 4952 m, und bei größerer Dichte der Ladung 5512 m.

Pulverförmiges comprimirtes Nitromannit gab in Bleiröhren von 4 mm äußerem Durchmesser 6908 und 7137 m, geförntes Nitromannit in einer ähnlichen Röhre bei 1.9 Ladungsdichte 7686 m.

Flüssiges Nitroglycerin detonirt schwer in engen Röhren und bei niederer Temperatur; so war es in Bleiröhren unter 3 mm Weite bei etwa 12 bis 13° nicht zum Detoniren zu bringen und auch in Röhren von 3 mm Weite pflanzte sich bei 14° im Schatten die Detonation nur eine kurze Strecke fort, während sie durch die ganze Länge hindurchging, wenn

2) Comptes rendus, T. C, p. 314.

die Röhren vorher einige Zeit in der Sonne gelegen und sich dadurch auf 18 bis 20° erwärmt hatten; die Geschwindigkeit betrug dann 1078 m (bei kälterem Wetter) bis 1286 m (bei wärmerem Wetter). In einer 9 mm weiten Röhre von Britanniametall wurde eine mittlere Geschwindigkeit von 1386 m gefunden.

Weit schneller als in Nitroglycerin pflanzt sich die Explosion in Dynamit fort. Abel fand früher bei Dynamitpatronen von 30 mm Durchmesser, die in dichten Reihen lagen, an freier Luft Geschwindigkeiten von 5928 bis 6566 m. In Röhren aus Britanniametall von nur 3 mm Weite wurden Geschwindigkeiten zwischen 2333 und 2753 m erhalten, in 6 mm weiten Röhren von Blei oder Britanniametall dagegen 1916 bis 3180 m; das allgemeine Mittel war 2668 m. Die äußere Temperatur scheint hier einen größeren Einfluß zu haben als die Rohrweite.

Bei Panflastit, einem Gemisch von gleichen Volumen Schwefelkohlenstoff und flüssiger Untersalpetersäure, ergab sich in einer weiten 3 mm weiten Bleiröhre die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Explosion = 4685 m, und bei einem zweiten Versuch in einer gleichen 50 m langen Röhre = 5470 m für die erste Hälfte der Röhre und = 6858 m für die ganze Röhre.

Im Allgemeinen zeigen diese Versuche, daß die Geschwindigkeit wächst mit der Dichte der Ladung, sowie mit dem Durchmesser, wenigstens innerhalb der engen Versuchsgrenzen. Auch scheint sie zuzunehmen mit dem Widerstand der Hülle, welche durch die Explosion zerstäubt wird.

Die große Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Explosionen haben Mach und Wenzel durch einen sehr einfachen Versuch nachgewiesen.¹⁾ Auf ein Bretchen wurde Knallquecksilber möglichst gleichmäßig längs zweier paralleler Geraden AB und CD aufgelegt, zwischen beide eine berußte Glastafel gebracht und hierauf das Quecksilber mittels einer Leidener Flasche gleichzeitig in den beiden diametral entgegengesetzten Enden A und C entzündet. Es bildete sich dann auf der Platte ein Interferenz-

1) „Ein Beitrag zur Mechanik der Explosionen“. Wiedemanns Ann. Bd. 26, S. 628.

streifen, der mit den parallelen Linien einen Winkel α einschloß. Da nun hier $\sin \alpha$ gleich der Schallgeschwindigkeit dividirt durch die Explosionsgeschwindigkeit ist, so ließ sich letztere berechnen. Es ergaben sich dabei Werthe von 1700 bis 2000 m.

Durch diese große Geschwindigkeit erklärt sich auch die im „auffallendsten Widerspruch zu unserem mechanischen Instinct“ stehende Thatsache, daß eine frei auf einer Metallplatte liegende Dynamitpatrone durch dieselbe nach unten ein Loch schlägt, oder den unter ihr befindlichen Theil in kleine polyedrische Stücke zersplittert, während doch scheinbar dem Entweichen der Explosionsgase nach oben kein Hinderniß im Wege steht.

Man könnte glauben, daß die Luft dem Entweichen der plötzlich entwickelten Explosionsgase einen Widerstand entgegensetzt und dadurch eine Rolle spielt. Aber Versuche mit Knallquecksilber, das man unter der Glocke der Luftpumpe auf einem Kartenblatt explodiren ließ, welches dabei durchschlagen wurde, wie in freier Luft, haben die Unrichtigkeit dieser Ansicht dargethan. Der wahre Grund dürfte vielmehr in der hohen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Explosion liegen, welche bewirkt, daß ein Knallsilberhäufchen von wenigen Millimetern Durchmesser in einer unnennbar kurzen Zeit verpufft. Die Explosionsgase nehmen dann in derselben Zeit und fast noch bei derselben Dichte wie der feste Körper die ganze hohe Geschwindigkeit an, welche ihnen durch die Explosionsarbeit ertheilt wird. Da letztere von der Ordnung der Projectilgeschwindigkeiten ist, so liegt die Annahme nahe, daß die Platte, auf welcher der Explosivkörper liegt, gewissermaßen durchschossen wird, indem die untere Hälfte der Explosivmasse sich auf die obere stützt und beide nach dem Princip der Gegenwirkung gleichgroße entgegengesetzte Geschwindigkeiten annehmen. Die durch Knallsilber verursachten Löcher sind übrigens stets trichterförmig, enger nach der Seite hin, auf welcher die Explosion stattfand, ebenso wie auch das runde Loch, welches eine Flintenkugel in Glas schlägt, enger ist auf der Seite, von welcher die Kugel herkam. Man kann diese Trichterform erklären, wenn man bedenkt, daß von der getroffenen Stelle aus eine longitudinale Schallwelle geht, die sich jedenfalls mit großer Fortpflanzungsgeschwindigkeit ausbreitet und daß die letzten Theile vermöge ihrer großen Ex-

curionsgeschwindigkeit abreißen können, wie die Theile am Ende einer kräftig tönenden Flüssigkeitssäule als Tropfen fortfliegen.

Optik.

Zur Ermittlung der Tiefe, bis zu welcher Licht in das Wasser eindringt, haben H. Fol und E. Sarasin mehrere Versuchsserien im Genfer See, sowie bei der zoologischen Station Ville franche im Mittelmeer ausgeführt.¹⁾ Das Verfahren bestand darin, daß eine lichtempfindliche Bromsilbergelatineplatte in eine bestimmte Tiefe versenkt und dort eine Zeit lang — in der Regel 10 Minuten — der Einwirkung des Lichts ausgesetzt wurde.

Es ergab sich, daß im Monat März an einem sonnigen Tage um die Mittagszeit das Sonnenlicht nicht über 400 m tief in das Wasser des Mittelmeeres eindringt. Kurz vor 11 Uhr war die in 380 m Tiefe auf der Platte hervorgerufene Lichtwirkung geringer als in freier Luft in einer klaren, mondlosen Nacht. Zwischen 1 Uhr 20 und 30 Min. Nachmittags war in 405 bis 420 m Tiefe gar keine Wirkung vorhanden. Bis zu einer Tiefe von 280 m war noch die volle Lichtwirkung auf die Platten, von 340 m an aber wurde die Wirkung beträchtlich schwächer.

Im Genfer See ergaben sich 200 m Tiefe als die Grenze, bis zu welcher im Winter das Licht eindringt. In einer Tiefe von 192 m ist dort das Licht so schwach, wie im Mittelmeer bei 380 m. Eine Vergleichung der in verschiedenen Monaten angestellten Versuche führt zu dem Ergebnis, daß im März das Licht 20 bis 30 m tiefer einzudringen scheint, als im September, und vielleicht ist der Unterschied im August noch etwas größer.

Versuche, welche Forel im Genfer See angestellt hat, ergaben, daß lichtempfindliches Albuminpapier im Winter noch in 100 m Tiefe geschwärzt wurde, während im Sommer schon bei 45 m keine Veränderung wahrzunehmen war. Da die Versuche von Fol und Sarasin keinen so bedeutenden Unter-

1) Comptes rendus, T. XCIX, p. 783; T. C, p. 991.

schied in der Durchlässigkeit des Wassers im Sommer und Winter dargethan haben, so scheint es, als wenn das von Forel für die oberen Schichten des Wassers nachgewiesene Gesetz für die untere nicht mehr gilt.

Uebrigens nimmt im Mittelmeer die Lichtwirkung auf die Platten langsamer und regelmäßiger ab mit wachsender Tiefe als im Genfer See, wo wahrscheinlich die unteren, mehr getriebten Schichten das Licht stärker absorbiren.

Japanische magische Spiegel. — Ueber die Herstellung dieser vielfach (auch in diesem Jahrb. XIV, S. 169) besprochenen Spiegel hat Hanichi Muraoka in der technischen Zeitschrift „Tokio Gakugeisassi“ interessante Mittheilungen veröffentlicht.¹⁾ Diese Spiegel haben zwei bemerkenswerthe Eigenschaften: 1. Fängt man das vom Spiegel reflectirte Licht auf einer weißen Wand auf, so kommt das Bild der Figuren zum Vorschein, welche auf der Rückseite des Spiegels eingeprägt und die sonst auf der Vorderseite unsichtbar sind, und zwar erscheinen bei Anwendung divergenten Lichtes die dickeren Stellen lichtstärker als die übrigen; 2. macht man auf der Rückseite mit einer Messerspitze einen Riß, so wird dieser auch in der Projection, und zwar im divergenten Licht als lichtstärkere Stelle, sichtbar. Muraoka zeigt nun, daß beide Erscheinungen gleiche Ursache haben und daß keineswegs etwa bloß aus japanischen Bronzen sich magische Spiegel herstellen lassen; daß aber solche Spiegel nur durch Dünnschleifen zu erhalten sind.

Schon verschiedene Physiker haben darauf hingewiesen, daß alle magischen Spiegel mehr oder weniger convex sind, daß aber die Convexität an den stärkeren Stellen geringer ist. Man erkennt dies nach Person am deutlichsten, wenn man ein Stück Papier mit einer Oeffnung auf die Oberfläche bringt und die Divergenz des reflectirten Lichtes untersucht; es zeigt sich dann die Zerstreuung des Lichtes an den dicken Stellen geringer als an den anderen. Ebenso entspricht auch dem Risse eine geringere Convexität.

Was die Herstellung der magischen Spiegel anlangt, so erfolgt dieselbe nicht absichtlich, sondern sie werden nur zufällig erhalten. Durch Abschleifen zahlreicher japanischer Spiegel kam

1) Wiedemann's Ann. Bd. 22, S. 246.

aber Muraoka zu der Ueberzeugung, daß jeder solche Spiegel magisch wird, wenn man ihn dünn genug abschleift.

Auf die Beantwortung der Frage, warum die hinten dickeren oder geritzten Stellen weniger convex sind, wurde Muraoka geführt durch Mittheilung eines Kunstgriffes seitens eines der größten Spiegelfabrikanten von Tokio: um einen Spiegel, dessen Oberfläche durch mechanischen Druck hohl geworden, zu repariren, nimmt man einen Eisenstab mit abgerundeter oder rauher Spitze und reibt auf der concaven Stelle hin und her, so daß feine netzartige Risse entstehen, welche Operation in der Technik der Spiegelfabrikation „Mege“ genannt wird. Die Stelle erhebt sich dann von selbst und wird etwas stärker convex als die Umgebung. Die Erhöhung wird darauf mit einem dazu bestimmten Messer, „Shen“, abgeschert, bis die Convexität überall gleich ist; dann wird die ganze Oberfläche neu geschliffen, polirt und amalgamirt. Wenn nun durch einen Riß auf der Rückseite die Oberfläche des Spiegels weniger convex wird, so rührt dies, wie der Erfolg des eben beschriebenen Kunstgriffes lehrt, daher, daß die hintere Fläche erhöht wird.

Zur näheren Untersuchung wurden zahlreiche Messingspiegel von 9 qcm Oberfläche und etwa $\frac{1}{2}$ mm Dicke hergestellt und auf ihren Hinterflächen Risse mit scharfen Spitzen, wie Messer und Nadel, oder mit stumpfen Stäben, oder mit rauhen Flächen, wie Feilen, hergestellt; die Vorderflächen wurden stets hohl an den bearbeiteten Stellen. Die gleiche Wirkung wurde auch durch Risse mit Sand auf der Rückseite oder durch Abschleifen der letzteren mit einem rauhen wie mit einem feinen Sandstein erreicht; durch Poliren und Amalgamiren der geschliffenen hinteren Fläche wurde deren Convexität deutlich sichtbar. Diese Convexität durch Schleifen ist um so bedeutender, je dünner die Metalle sind; wenn also die Platten an verschiedenen Stellen verschiedene Dicke besitzen, wie dies bei den japanischen Spiegeln der Fall, so müssen nothwendig beim Schleifen die dünneren Stellen sich stärker krümmen, als die dickeren, wodurch die Verschiedenheit der Convexität entsteht und die magische Erscheinung hervorgerufen wird.


Die Erklärung der Thatsache, daß durch Risse eine Erhebung der Fläche verursacht wird, findet Muraoka in der

Spannung. Die Molekeln, welche ursprünglich im Gleichgewicht waren, nehmen nach Entfernung einzelner Theile eine neue Gleichgewichtslage an, wie man dies in auffallendster Weise an den Glasthränen und den Bologneser Fläschchen beobachtet.

Zahlreiche Versuche mit Messing, Kupfer, Blei, Zink, Eisen, Stahl, Glas und andern Substanzen ergaben, daß bei allen die Oberfläche durch Risse erhaben wird; es kommt diese Eigenschaft also nicht der japanischen Bronze allein zu.

Neuerdings hat auch Eug. Blasius in Straßburg ähnliche Versuche mit Glastafeln angestellt.¹⁾ Dünne, auf der einen Seite mit einem eingebrannten Platinüberzug versehene Glasscheiben wurden auf der Rückseite geritzt, worauf sich die Concavität der spiegelnden Fläche schon beim Betrachten mit bloßem Auge zeigte; wurde aber das vom Spiegel reflectirte Sonnenlicht auf einer etliche Centimeter entfernten Karte aufgefangen, so waren auf dieser die Zeichnungen der Rückseite des Spiegels als hellere Striche erkennbar. Schreibt man mit dem Diamant ein Wort auf die Rückseite des Spiegels, so ist es wegen der umgekehrten Lage der Buchstaben nicht leicht, dasselbe auf der Vorderseite zu entziffern; im reflectirten Lichtschein dagegen liegt die Schrift wieder richtig. Uebrigens ist der Platinüberzug nicht nöthig, der Versuch gelingt auch mit einem gewöhnlichen Deckglasplättchen. Eine bloße Verletzung der Oberfläche genügt nicht; wenigstens brachte eine recht erkennbare Aetzung mit Flußsäure die gewünschte Wirkung nicht hervor.

Die verschiedene Convexität an der Oberfläche der japanischen magischen Spiegel hat man auch dadurch zu erklären gesucht, daß beim Schleifen die hinten dickeren Stellen stärker gedrückt und daher mehr abgerieben werden als die dünneren, wodurch die ersteren tiefer werden als die letzteren. Um nun zu entscheiden, ob diese „Erklärung durch Mege-Wirkung“ richtig sei, stellte Muraoaka folgende zwei Versuche an²⁾:

An eine Messingplatte wurde ein Metallkreuz sowie ein quadratischer Rand gelöthet, sodaß die Platte die beistehende Figur trug . Diese wurde mit Siegellack an einer dicken Holzscheibe

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 142.

2) Dies. Bd. 25, S. 138.

befestigt und dann die Messingscheibe zum Spiegel geschliffen. Sie war der Erwartung entsprechend ein magischer Spiegel.

Die gleichen Stücke wurden auf eine andere Messingscheibe gelöthet, aber zur Vermeidung von Hohlräumen wurden die Zwischenräume und die ganze Figur mit Siegellack überzogen und mittels desselben die Holzscheibe befestigt. Beim Raubschleifen sprang jetzt die Platte jedesmal vom Lack ab, augenscheinlich infolge ihres Bestrebens, eine convexe Form anzunehmen. Die Richtigkeit dieser Auffassung bestätigte sich, als Murawka in heißem Wasser Wood'sches Metall auf der Figur schmelzen und dann langsam erkalten, hierauf aber die Platte mit vier verschieden feinen Schleifsteinen schleifen, poliren und amalgamiren ließ. Die zolldicke Masse des Wood'schen Metalles haftete fest an der Messingscheibe, diese ließ aber auch keine Convexität auf ihrer Vorderseite erkennen und in der Projection zeigte sich kein Kreuz. Als aber die Platte in heißem Wasser von Wood'schen Metall befreit wurde, erfolgte eine kleine Krümmung und in der Projection erschien deutlich das Kreuz sammt dem Randquadrat. Durch Druck ist dieser Vorgang nicht zu erklären, während sich durch Mege-Wirkung Alles in einfachster Weise erklären läßt.

Änderung der Lichtbrechung in festen Körpern mit der Temperatur. — Es ist bekannt, daß mit dem Wechsel der Temperatur auch der Brechungsindex eine Änderung erfährt, und zwar nicht bei allen Substanzen in gleichem Sinne: während derselbe bei manchen Körpern abnimmt, zeigen Glas und Kalkspath eine Zunahme des Brechungsindex bei steigender Temperatur. Frühere Untersuchungen von Rudberg, Fizeau und Stefan, durch welche diese Thatsache festgestellt worden, bezogen sich aber nur auf geringe Temperaturintervalle, und es war daher eine Prüfung dieser Körper bei verschiedenen und höheren Temperaturen, die Dr. Friedr. Vogel im Physikalischen Institut der Universität Straßburg ausgeführt hat, von Interesse.¹⁾

Bei Glas ergab sich, daß die Zunahme des Brechungsindex größer wird, zu je höheren Temperaturen man übergeht, und zwar ergab sich dieses Verhalten sowohl bei weißem Glas

1) Wiedemann's Ann. Bd. 25, S. 87.

(brechender Winkel $58^{\circ} 41' 20''$) als bei schwerem Flintglas (brechender Winkel $59^{\circ} 24' 5''$), woraus Vogel den Schluß zieht, daß ein bei bestimmter Temperatur achromatisches System es nahezu bei allen Temperaturen bleibt. Bei weißem Glase war beispielsweise der Brechungsindex der Linie D gegen den leeren Raum

bei	12°	126°	190°	260°
	1.614440	1.614718	1.615011	1.615349,
die Zunahme für 100° beträgt also				
im Intervall	$126-12$	$190-12$	$260-12$	
	0.000243	0.000305	0.000366.	

Für Flintglas ergab sich der Brechungsindex von D

bei	20°	124°	194°	257°
	1.760324	1.760659	1.761073	1.761516,
also die Zunahme				
im Intervall	$124-20$	$194-20$	$257-20$	
	0.000322	0.000429	0.000503.	

Beim Kalkspath nähern sich die Brechungsindices des ordentlichen und des außerordentlichen Strahles einander im ganzen Spectrum nahezu proportional der Temperaturerhöhung; die Doppelbrechung nimmt also proportional der Temperaturerhöhung ab, ein Resultat, zu dem schon Fizeau beim Natriumlicht gelangt war. Der nähere Sachverhalt ist der, daß der Brechungsindex des ordentlichen Strahles mit wachsender Temperatur eine sehr unbedeutende, der des außerordentlichen Strahles aber eine ausnehmend starke Zunahme erfährt, welche Aenderungen aber beide nahezu proportional der Temperaturerhöhung sind. Bei einem Kalkspathprisma, dessen brechende Kante der optischen Achse parallel war (brechender Winkel $59^{\circ} 55' 56''$), war beispielsweise für den ordentlichen Strahl der Index für D

bei	13°	106°	145°	193°
	1.658871	1.658954	1.658977	1.659013
und die Zunahme betrug demnach				
im Intervall	$106-13$	$145-13$	$193-13$	
	0.000089	0.000076	0.000078;	

für den außerordentlichen Strahl aber war der Index

bei	13°	106°	145°	193°
	1.486814	1.487767	1.488154	1.488650

und die Zunahme

im Intervall	106—13	145—13	193—13
	0·001024	0·001015	0·001020.

Umfangreiche Untersuchungen über diesen Gegenstand hat auch Dr. Müller auf dem astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam angestellt. Aus ihnen geht unter anderen insbesondere die bis jetzt noch nicht genügend beachtete Thatsache hervor, daß der Temperatureinfluß auf Strahlen von kleinen Wellenlängen (Violett) viel stärker ist als auf Strahlen von großen Wellenlängen, und daß dieser Unterschied ebenso groß werden kann, wie der gesammte Einfluß auf Strahlen von mittlerer Brechbarkeit. Ueberhaupt ist nach Müller der Einfluß der Temperatur auf Brechungs- und Dispersionsverhältnisse namentlich beim Flintglas bedeutend genug, um sowohl bei Construction von Objectiven, als auch bei feineren spectroscopischen Untersuchungen Beachtung zu verdienen.¹⁾ Das letztere geht auch recht deutlich hervor aus einigen von Gerhard Krüß veröffentlichten Beobachtungen.²⁾ Derselbe beobachtete bedeutende Verschiebung der Spectrallinien, als er sein Zimmer auf verschiedene Temperaturen brachte. Bei Anwendung eines Glasprisma's brachte eine Temperaturveränderung von 25° C. eine Verschiebung der Fraunhofer'schen Linien C, D, E, b, F, um 7·50 bis 9·83 Theilstriche der Scala hervor; bei einem Quarzprisma betrug die Verschiebung 2·27 bis 6·36 und bei einem Rutherford'schen Schwefelkohlenstoffprisma 8·28 bis 13·75 Theilstriche. Die Verschiebung erfolgt bei einer Temperaturerhöhung beim Glasprisma gegen das violette Ende hin, beim Quarzprisma dagegen in entgegengesetzter Richtung.

Spectralanalyse.

Eine neue Darstellung des Theiles des Sonnenspectrums, der sich von der Fraunhofer'schen Linie A im Roth bis zu b in Grün erstreckt, hat Thollon am 7. September 1885 der Pariser Akademie vorgelegt, die ihm dafür in ihrer öffentlichen Sitzung vom 21. December den Valande'schen Preis zuerkannt hat. Es ist diese Abbildung das Ergebnis der vier-

1) Vierteljahrsschr. der Astron. Ges. XIX, S. 136; XX, S. 120.

2) Ber. d. deutsch. Chem. Ges. XVII, S. 2732.

3) Comptes rendus, T. 101, p. 565.

jährigen Arbeit am Observatorium zu Nizza; die Beobachtungen wurden mit einem großen Spectroskop eigener Erfindung ausgeführt, zu den Messungen diente ein Gautier'sches Ocularmikrometer.

Die ganze Zeichnung ist 10 m lang und enthält 3200 Linien, doppelt soviel als Angström's Atlas angiebt. In der Richtung der Höhe ist die Zeichnung in vier Theile getheilt, von denen der oberste den Anblick des Sonnenspectrums bei einer Höhe von 20° und mittlerem Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre zeigt; im zweiten Theil erblickt man das Spectrum, wie man es bei einer Höhe der Sonne von 40° bei sehr feuchter Luft sieht; der dritte Theil enthält die Verlängerungen aller Linien rein solaren Ursprunges. Bei dieser Anordnung kann man nicht nur ohne Mühe alle tellurischen Linien, über 900, erkennen, sondern man vermag auch die von den beständigen Bestandtheilen der Atmosphäre herrührenden, von denen zu unterscheiden, welche durch Absorption in wechselnden Bestandtheilen entstehen, unter denen der Wasserdampf die Hauptrolle spielt, wenn er nicht ausschließlich in Betracht kommt.

Um den Antheil der verschiedenen Bestandtheile der Atmosphäre an der Erzeugung der tellurischen Linien festzustellen, führte Janssen in Meudon Versuche über die Absorptionsspectra des Wasserstoffs, der atmosphärischen Luft und des Sauerstoffs aus.¹⁾ Für den Wasserstoff ergab sich, daß man mit außerordentlich dicken Schichten dieses Gases experimentiren muß, um befriedigende Resultate zu erlangen.

Sauerstoff wurde in Röhren von 20 und 60 m Länge untersucht, fähig starken Drucken zu widerstehen, durch die ein intensiver Lichtbüschel gesandt wurde. Wenn in der Röhre von 60 m Länge der Druck allmählich anwuchs, so erschienen immer mehr Linien und Liniengruppen, zunächst die, welche ihr Entdecker Egoroff mit den Linien A und B des Sonnenspectrums identificirt hat (vgl. den vor. Jahrg. dieses Jahrb., S. 168). Bei größerer Steigerung des Druckes bis zu 27 Atmosphären und insbesondere bei beträchtlicher Vergrößerung der Lichtintensität wurden auch jenseits A noch Absorptionserrscheinungen beobachtet. Zwischen A und B, sowie zwischen

1) Comptes rendus, T. 101, p. 649.

B und C scheint es Linien zu geben, die erst bei noch höherem Drucke deutlich sichtbar werden. Endlich wurden auch unter hohem Drucke drei dunkle Banden beobachtet: eine im Roth in der Nähe von α , eine in Gelbgrün in der Nähe von D und eine im Blau.

Mit demselben Gegenstand, der Frage nach dem Ursprung der tellurischen Linien im Sonnenspectrum, hat sich auch seit 1879 N. Egoroff beschäftigt, und insbesondere erregten die Gruppen A und B seine Aufmerksamkeit. Er wiederholte zunächst die älteren Versuche von Janssen, um zu constatiren, daß beide Gruppen zu den fundamentalen Gruppen des Wasserdampfes gehören, die auch bei starkem Frost nicht verschwinden. Die Versuche mit Wasserdampf, der in einer 20 m langen Röhre bis auf 4 Atmosphären verdichtet wurde, ergaben aber, daß die Gruppe a fundamental ist. Versuche, die in derselben Röhre mit Ozon und Ammoniakgas angestellt wurden, hatten nur ein negatives Resultat.

In den Jahren 1881 und 1882 wurden dann in Paris von Egoroff Untersuchungen über das Spectrum der Atmosphäre angestellt. Die Beobachtungen erfolgten auf der Sternwarte mit Benutzung des großen 14 zölligen Aequatorials, das Licht ging von Mont Valerien aus und hatte einen Weg von 10 km zu durchlaufen. Sowohl bei Anwendung eines Chapman'schen Gitters als mit einem Spectroskop mit zwei Thollon'schen Prismen war die Gruppe B, und im letzteren Falle auch A, nebst vielen andern deutlich erkennbar. Versuche mit atmosphärischen Schichten von geringerer Dicke zeigten, daß noch bei 80 m Dicke Spuren von A erkennbar bleiben.

Versuche, welche Egoroff im nächsten Jahre mit Rhamentoff im physikalischen Cabinet der Universität Petersburg anstellte und bei denen das Sauerstoffgas einem Drucke bis zu 8 Atmosphären ausgesetzt wurde, ergaben, daß die Linien der Gruppen A und B ebenso wie die von α diesem Gase angehören.

Bei Beobachtung der Absorptionsspectrum einer 3 km starken Luftschicht zwischen dem astrophysikalischen Pavillon der Universität und dem physikalischen Cabinet der medicinischen Akademie in Petersburg im April 1885 waren die Gruppen A, a und B sichtbar und ihre Lage konnte bestimmt werden, α aber fehlte. Später wurde das Lichtbüschel eines Serrin's-

schen Regulators durch ein 60 m langes mit Sauerstoff gefülltes Rohr gesandt und dann durch eine Linse auf ein großes Kirchhoff'sches Spectroskop mit 4 Prismen von Steinheil concentrirt. Dabei waren bei einem Druck von 6 Atmosphären die vordere Bande und die Doppellinien der Gruppe B sichtbar, aber keine dem Wasserdampf angehörigen Linien zwischen A und B, was Egoroff gegenüber den Janssen'schen Beobachtungen besonders betont.

Egoroff ist der Ansicht, daß durch diese spectroscopischen Untersuchungen in Verbindung mit den Arbeiten Thollon's der Ursprung der tellurischen Linien im Sonnenspectrum von A bis b vollständig aufgeklärt ist: 127 Linien in A, B und α rühren ausschließlich vom Sauerstoff, die übrigen vom Wasserdampf her.

J. J. Balmer¹⁾ in Basel hat darauf aufmerksam gemacht, daß man die Wellenlängen der verschiedenen Wasserstofflinien in Zehnmillionteln eines Millimeters erhält, wenn man die Zahl 3645 mit Brüchen von der Form $m^2/m^2 - 4$ multiplicirt, wo m der Reihe nach gleich 3, 4, 5, 6 u. zu setzen ist. Die Uebereinstimmung dieser Regel erhellt aus folgender Tabelle:

Linie	Wellenlänge		Beobachter
	berechnet	beobachtet	
H_α m = 3	6561	6561·62	Mendenhall
H_β 4	4860	4860·16	=
H_γ 5	4393·3	4340·1	Huggins ²⁾
H_δ 6	4100·6	4101·2	=
H_ϵ 7	3969·0	3968·1	=
H_ζ 8	3888·0	3887·5	=
H_η 9	3834·3	3834·0	=
H_θ 10	3796·9	3795·0	=
H_i 11	3769·6	3767·5	=
	12	3749·1	=
	13	3733·3	=
	14	3720·9	=
	15	3711·0	=
	16	3702·9	=

1) Wiedemann's Ann. Bd. 25, S. 80.

2) Aus Beobachtung weißer Sterne abgeleitet. Philos. Transactions 171. II, p. 669 (1880).

Das phosphorescirende Licht eines exotischen Leuchtkäfers, aus der Familie der Schnellkäfer, eines mit einer Holzladung nach Havre gelangten *Elater pyrophorus*, haben *Aubert* und *Dubois* spectroscopisch untersucht.¹⁾ Der Spalt des mit einem Flintglasprisma ausgestatteten Spectroskopes wurde auf eines der Leuchtorgane des Protothorax eingestellt, während das Thier durch mechanische Reizung zum Leuchten gebracht wurde. Es zeigte sich ein schönes continuirliches Spectrum ohne helle oder dunkle Linie, etwa von der Mitte zwischen den Fraunhofer'schen Linien A und B im Roth bis jenseits F am blauen Ende reichend. Bei Abnahme des Lichtes verschwanden Roth und Orange vollständig, so daß nur Gelb, Grün und Blau übrig blieben; am längsten blieb das Grün. Umgekehrt wurde, wenn der Käfer anfing zu leuchten, zuerst das Grün sichtbar, worauf sich das Spectrum ein wenig nach dem Blau und stark nach dem Roth ausdehnte. Es wurden also die am wenigsten brechbaren Strahlen zuletzt ausgesandt. Violette Strahlen waren zwar nur spärlich in dem Lichte dieses Käfers vorhanden; indessen gelang es doch mit einer Belichtung von 5 Minuten Photographien herzustellen. Auch war dieselbe Zeit hinreichend, um Schwefelcalcium deutlich, wenn auch nur schwach, phosphorescirend zu machen; ebenso begannen Cösin und Urannitrat zu fluoresciren, während bei Chlorophylllösung und Chininsulfat keine Fluorescenz eintrat.

Anomale Dispersion. — Im VIII. Jahrg. dieses Jahrb., S. 131, ist erwähnt worden, daß zuerst *Christiansen* 1870 auf das anomale Spectrum aufmerksam gemacht hat, welches eine concentrirte weingeistige Fuchsinlösung giebt, die man in ein sehr spitzes Hohlprisma gefüllt hat. Dieses Spectrum beginnt nämlich nicht mit Roth und endet mit Violett, sondern es fängt mit Blau und Violett an, das Grün fehlt darin und es endigt mit Roth und Gelb. *Rundt* hat nachher erkannt, daß diese Eigenthümlichkeit überhaupt den Körpern mit Oberflächenfarben zukommt, d. h. denjenigen Körpern, die im durchgehenden Licht eine andere Farbe zeigen als im reflectirten. Bei solchen Körpern entsteht die Körperfarbe nicht dadurch, daß das auffallende Licht zuerst in die oberste Molekel-

1) Comptes rendus T. 99, p. 477.

schicht eindringt, hier eine Absorption erleidet und dann reflectirt wird, sondern die Reflexion erfolgt an der Oberfläche selbst. Dies erklärt sich daraus, daß diese Körper für die Oberflächenfarbe totale Reflexion, also einen sehr großen Brechungs-Exponenten besitzen, daß also Licht von der betreffenden Wellenlänge sich in diesen Körpern nur mit sehr geringer Geschwindigkeit fortpflanzt und daher eine starke Absorption erleidet. Aus den Untersuchungen von Kundt geht in der That hervor, daß die Körper mit Oberflächenfarben diese Farben total absorbiren und daß deren Brechungs-Exponent unendlich groß ist. An dieser Vergrößerung des Brechungs-Exponenten nehmen aber auch die (nach dem Roth hin liegenden) Farben mit niederer Schwingungszahl theil, und hieraus erklärt sich deren stärkere Brechung. Die Oberflächenfarbe selbst fehlt stets in dem anomalen Spectrum.

Das hier angedeutete spectrale Verfahren zur Demonstration der anomalen Dispersion leidet indessen an mancherlei Mängeln. So wirken die mit stark absorbirenden Flüssigkeiten gefüllten Hohlprismen auf jede Farbe als beugende Spalten von verschiedener Breite, woraus sich das Verschwinden mancher Fraunhofer'schen Linien ganz ungezwungen erklärt. Deshalb haben neuerdings E. Mach und J. Arbes auf einen schon vor längerer Zeit veröffentlichten, aber wie es scheint wenig beachteten Versuch aufmerksam gemacht, welcher die Thatsache der anomalen Dispersion in einwurfsfreier Weise zur Anschauung bringt.¹⁾

Sie bedienen sich dabei der totalen Reflexion, welche bekanntlich eintritt, wenn Licht aus einem optisch dichteren Mittel unter einem so großen Einfallswinkel auf die Grenzfläche eines optisch dünneren trifft, daß nach dem Snellius'schen Brechungsgesetz kein Uebergang möglich ist. Schon Newton hat bemerkt, daß hierbei die Dispersionsverhältnisse zum Ausdruck kommen, und in seiner Optik hat er den „blauen Bogen“ an der Grenze der Totalreflexion beschrieben. Newton experimentirte mit einer Combination von zwei rechtwinkligen Reflexionsprismen, deren Hypotenusenflächen sich berührten, und einer solchen Combination bedienten sich auch Mach und Arbes bei den nachstehenden einfachen Versuchen, aus denen ihre Methode hervorging:

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 436.

a) Eine Combination von zwei total reflectirenden Prismen (Fig. 4) wird durch das volle Sonnenlicht beleuchtet und das Prismenpaar durch eine Linse mittels des reflectirten oder durchgelassenen Lichtes auf einen Schirm abgebildet. Bei einer Drehung im Sinne des Pfeiles sieht man dann im ersten Falle das Bild erst bläulich und hierauf heller weiß, im letzteren aber erst gelb, dann roth und hierauf schwarz werden.

b) Man macht durch eine Linse das Licht convergirend und läßt den Lichtkegel auf die Prismencombination (Fig. 5)

Fig. 4.

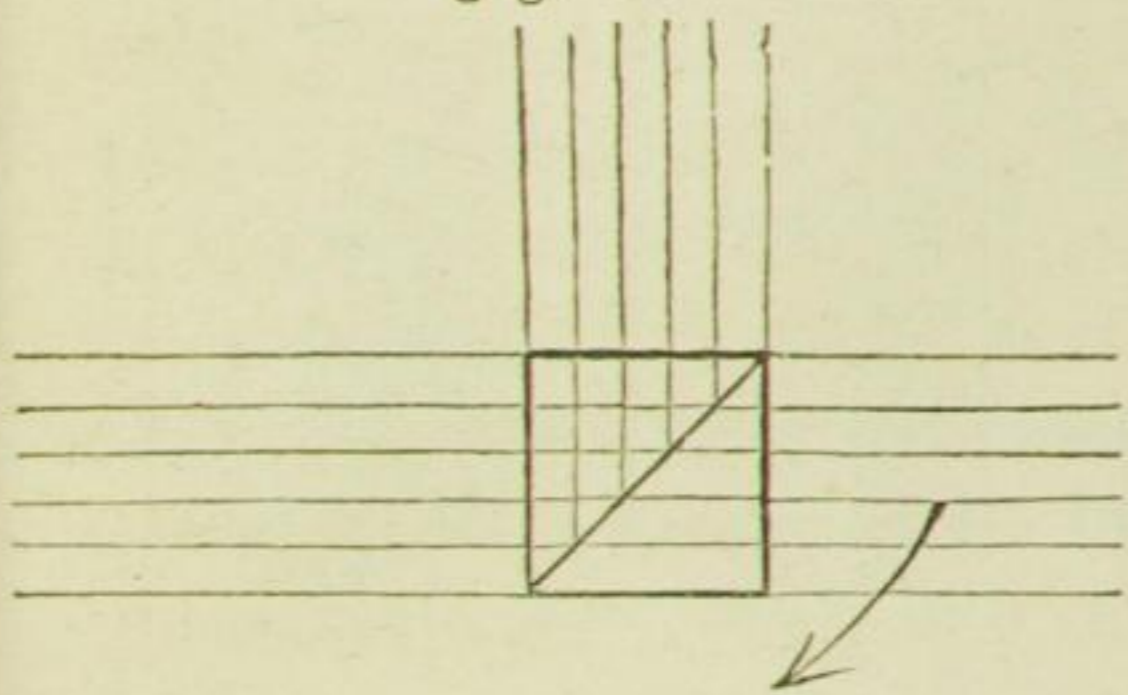
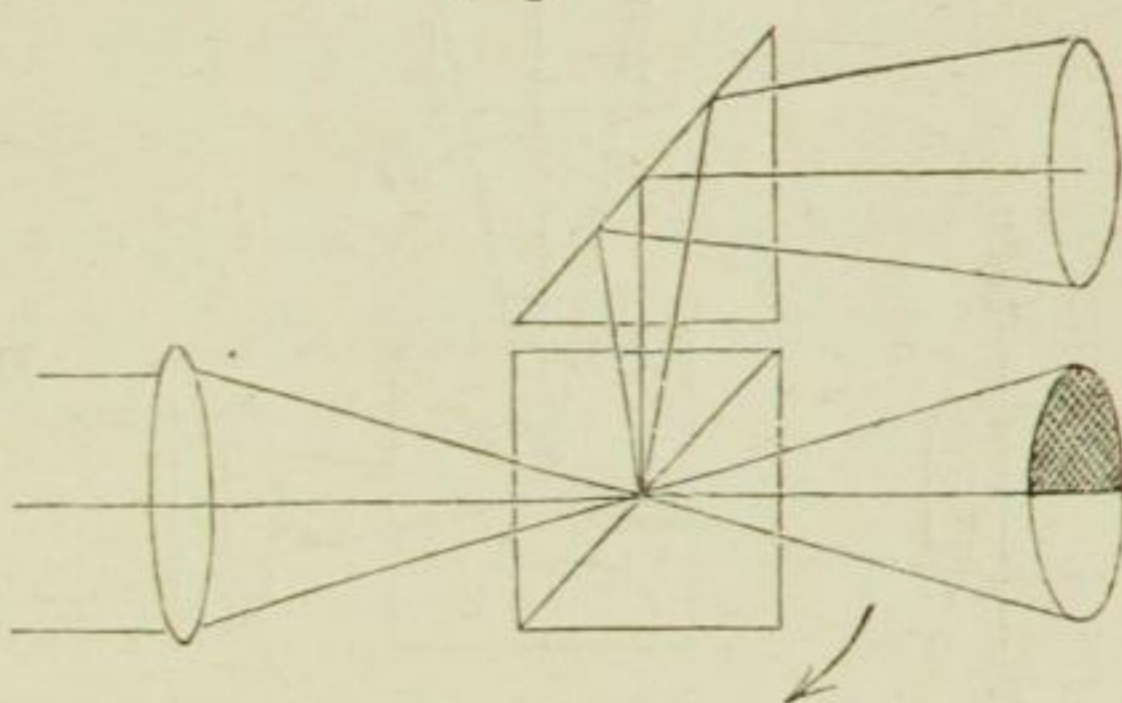


Fig. 5.



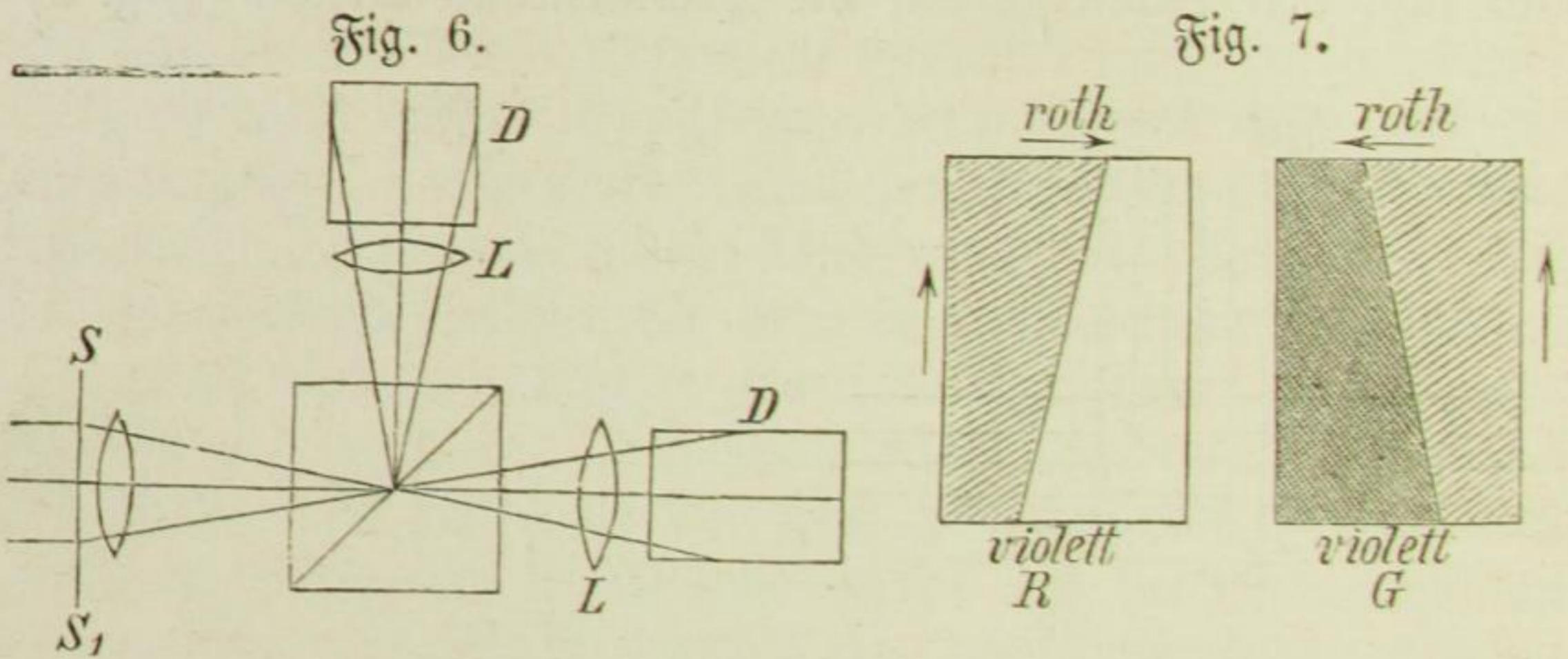
fallen, wobei jedem Strahle des Kegels ein besonderer Incidenzwinkel entspricht; das reflectirte und das durchgegangene Licht werden auf Schirmen aufgefangen oder auch, wie unsere Figur andeutet, unter Benutzung eines Reflexionsprismas auf demselben Schirm neben einander aufgefangen. Ersteres zeigt dann den von Newton sogenannten „blauen Bogen“ als Grenze zwischen dem helleren und dunkleren Feld objectiv; in dem letzteren dagegen erscheint das der Totalreflexion entsprechende Feld vollkommen dunkel und gegen das helle Feld roth abgegrenzt.

c) Das Sonnenlicht wird durch ein Spectralprisma zerlegt und ein kleiner Theil des Spectrums durch ein Reflexionsprisma auf die Linse im vorigen Schirm geleitet. Die Erscheinungen auf den Schirmen werden dann fast monochromatisch, und beim Wechsel der beleuchtenden Farbe verschieben sich die Grenzen der Totalreflexion.

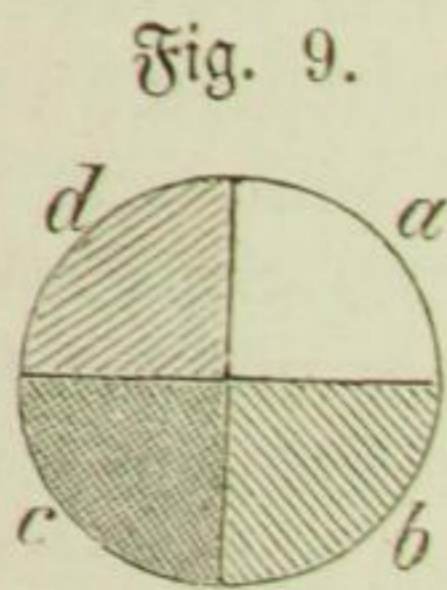
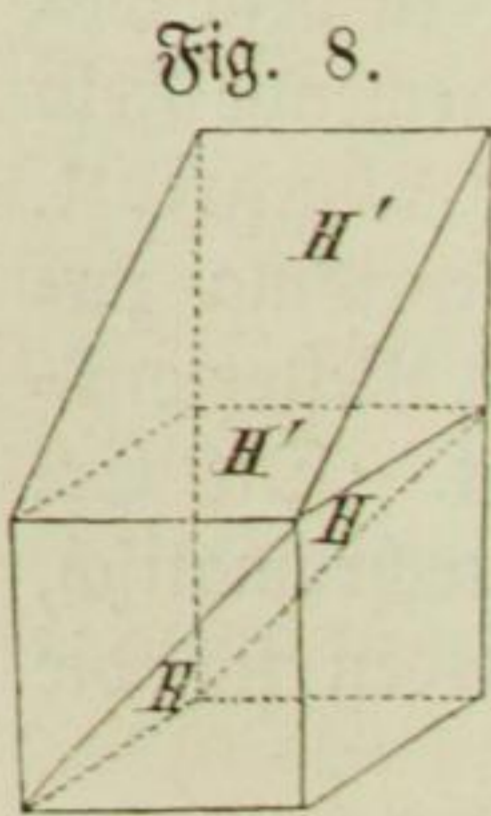
d) Im zweiten Versuche setzt man vor die Beleuchtungslinse einen Schirm mit horizontalem Spalt SS_1 (Fig. 6); das Licht fällt convergent auf die Hypotenusenfläche der vertical stehenden Prismencombination und wird nach der Reflexion oder Brechung von Prismen D mit gerader Durchsicht und

horizontalen brechenden Kanten und von Linsen LL aufgenommen, die den Spalt abbilden, wodurch man dann auf Schirmen scharfe Spectren von verticaler Dispersion erhält.

Werden beide Spectren, das reflectirte R und das gebrochene G, neben einander gestellt, so erscheint letzteres schief abgeschnitten, im ersteren aber ist ein hellerer rechter Theil von einem dunkleren linken durch eine schiefe Grenze getheilt (Fig. 7). Das Spectrum R, um eine verticale Achse umge-



klappt (wegen der Spiegelung) und auf G gelegt, würde dieses zu einem gleichförmig hellen Spectrum ergänzen. Die Grenze in R ist zwar scharf, sie trennt aber viel geringere Helligkeitsunterschiede als die in G, welche Licht von absoluter Dunkelheit trennt. Indessen läßt sich durch das folgende Verfahren der Helligkeitsunterschied auch in R beliebig vergrößern.



e) Auf eine Combination von zwei Reflexionsprismen (Fig. 8), deren Hypotenusenflächen HH unter 45° geneigt sind, lege man ein Reflexionsprisma derart, daß seine Hypotenusenfläche H' gegen HH um 90° um eine Verticale gedreht

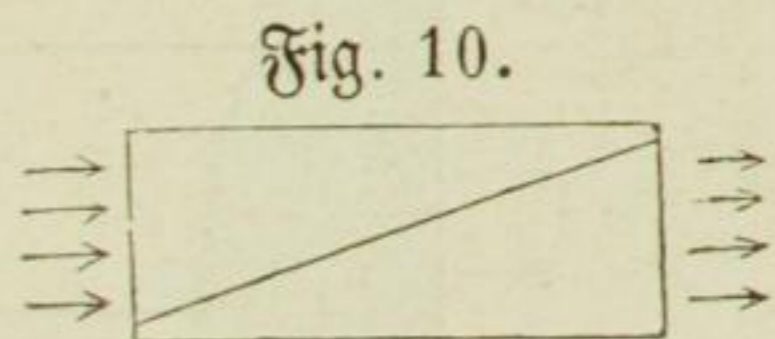
ist. Wird nun von der Beleuchtungslinse ein Lichtkegel auf HH gesandt, so wird derselbe hier und dann auch von H' reflectirt, und auf dem Schirm erscheint ein durch zwei Grenzen der Totalreflexion in vier Felder zerschnittener Kreis (Fig. 9): der Theil a hat zwei Totalreflexionen erfahren und ist am hellsten, b und d haben je eine einfache

und eine totale Reflexion erlitten, c hat zwei einfache Reflexionen erfahren und ist sehr dunkel.

Mittels dieser Versuchswesen läßt sich nun jede relative oder absolute Dispersionsanomalie in einfacher Weise demonstrieren.

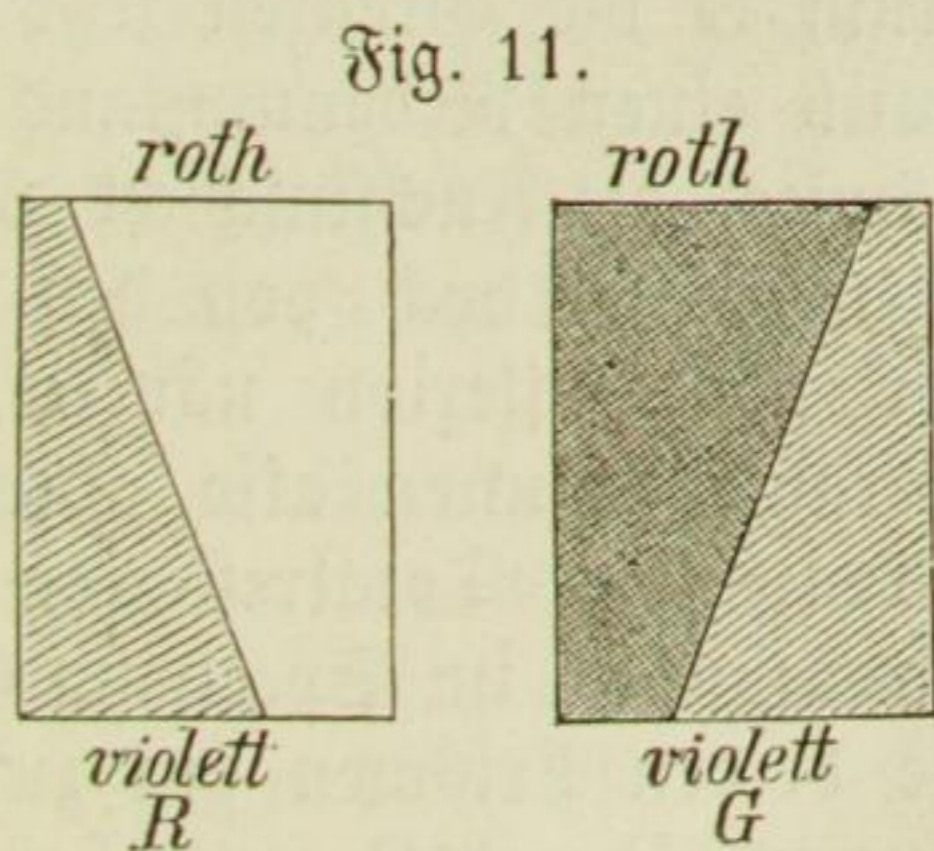
Eine relative Dispersionsanomalie zeigt Cassiaöl gegen Flint. Das violette Licht wird beim Uebergang aus Flint in Cassiaöl weniger vom Rothe gebrochen als das rothe Licht. Wird nun der Versuch a) mit Reflexionsprismen aus Flint angestellt, zwischen deren Hypotenusenflächen sich eine Schicht Cassiaöl befindet, so färbt sich das durchgehende Licht bei der in Fig. 1 angedeuteten Drehung erst grünlich, dann blau und vorm Verschwinden tief violett. Vorzuziehen ist hierbei eine Prismencombination, wie sie Fig. 10 zeigt.

Stellt man den Versuch b) mit Flint und Cassiaöl an, so giebt sich die große Dispersion des Cassiaöles durch den viel breiteren farbigen Saum an der Grenze der Totalreflexion kund. Der „blaue Bogen“ Newton's verwandelt sich im reflectirten Licht in einen rothen Bogen. Beim Versuch c) verschieben sich im Farbenwechsel die Grenzen der Totalreflexion für Flint- und Cassiaöl umgekehrt wie für Glas=Luft. Der Versuch d) liefert bei gleicher Anordnung mit Flint=Cassiaöl die in Fig. 11 dargestellten Spectren.



Hat man sich einmal von dem Auftreten solcher relativen Anomalien überzeugt, so erscheinen die absoluten Anomalien weniger auffällig, da es sich bei ihnen doch eigentlich nur um relative Anomalien gegen Luft oder den leeren Raum handelt.

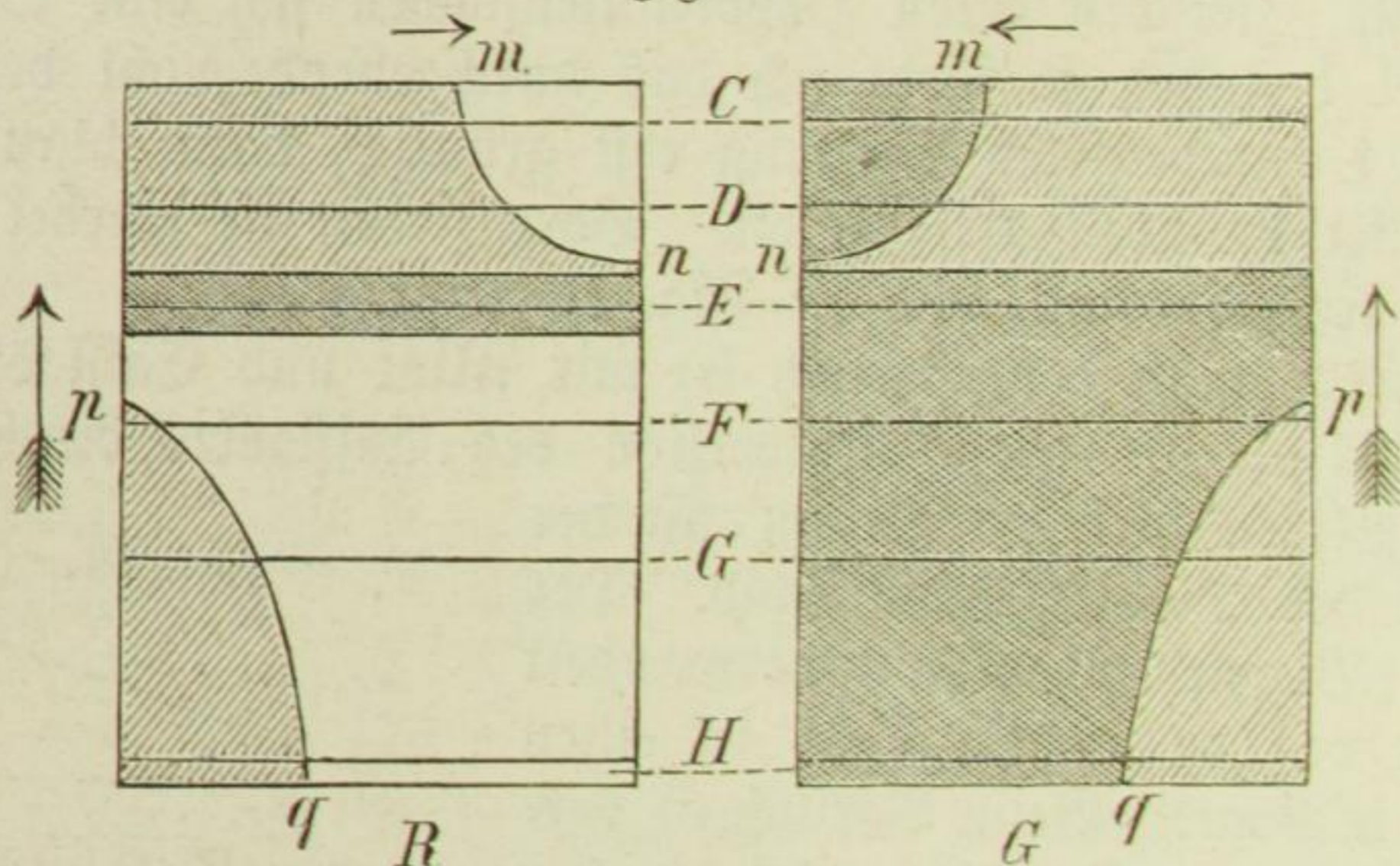
Wird gegen Reflexionsprismen von Flint eine mäßige Fuchsinlösung gebracht, so kündigt sich beim Versuch b) die große Dispersion dadurch an, daß statt des schmalen blauen Bogens breite farbige Bänder auftreten, die den ganzen Querschnitt des reflectirten Lichtkegels erfüllen. Bei mehrfacher Reflexion, wie im Versuch e), werden die Farben sehr lebhaft. Auch in dem



im Versuch e), werden die Farben sehr lebhaft. Auch in dem

gebrochenen Regel treten farbige Bänder auf, doch sind sie infolge der Störung durch die Absorptionsfarbe nicht einfach complementär zu jenen. Der Versuch c) gelingt nur im rothen Theil des Spectrums gut. Von besonderem Interesse ist aber der Versuch d) mit Fuchsinlösung zwischen Flintprismen. Die beiden Spectren R und G erhalten dann das Aussehen der Fig. 12; die Grenzcurve der Totalreflexion erscheint in zwei

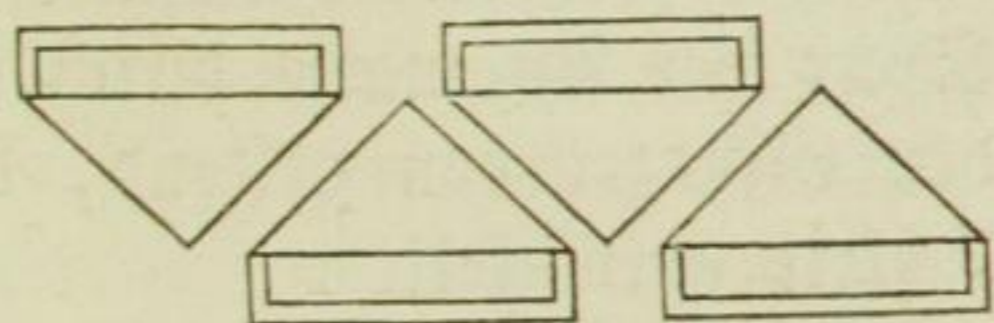
Fig. 12.



ganz von einander getrennte Zweige $m n$ und $p q$ getheilt, so daß die anomale Dispersion unverkennbar ist. Im Spectrum R ist die Grenze $m n$ schon bei einer Reflexion sehr scharf, während das Erkennen der etwas verwaschenen Curve $p q$ einige Aufmerksamkeit erfordert. Dagegen sind im Spectrum G die Grenzen sehr deutlich; nur wird hier ihre Lage durch einen Nebenumstand ungünstig beeinflusst. Wenngleich nämlich die Fuchsinlösung zwischen den Prismen sehr dünn ist, so wird sie doch von den Strahlen, welche sich der Grenze der Totalreflexion nähern, sehr schief durchsetzt, und diese Strahlen können also absorbiert werden, bevor sie noch die Grenze der Totalreflexion erreicht haben, wodurch sich der Grenzwinkel im Spectrum G scheinbar verkleinert. Drückt man die beiden Prismen gut zusammen, so stimmen die Curven der Spectra R und G gut überein, was aber nicht mehr der Fall ist, wenn die Fuchsinlösung dicker wird. Deshalb ist es rathsam, sich an das Spectrum R zu halten und G nur mit Vorsicht zur Vergleichung heranzuziehen.

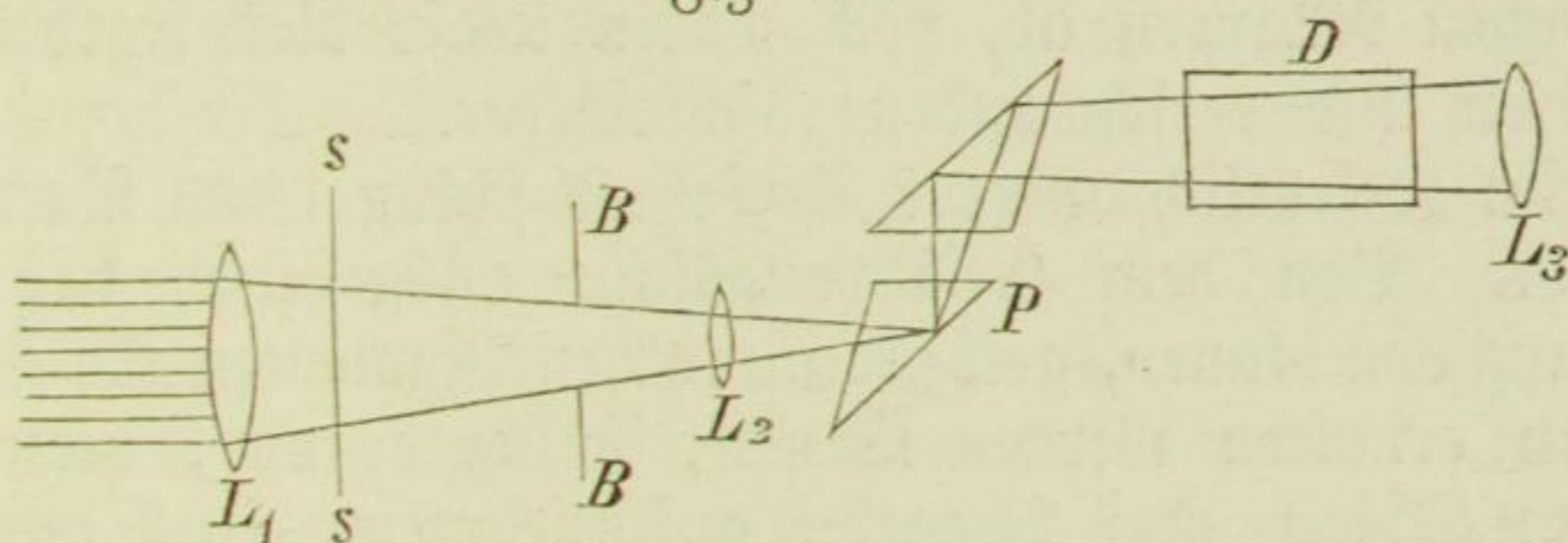
Die Versuchform d) läßt sich aber noch verbessern. Um zunächst durch mehrfache Reflexion an parallelen Flächen die Grenzen $p q$ im Spectrum R deutlicher zu machen, kann man mehrere Reflexionsprismen anwenden, an deren Hypotenusenflächen kleine Cuvetten für die Fuchsinlösung angefittet sind (Fig. 13). Die Grenze $p q$ wird schon bei zwei Reflexionen deutlich, tritt aber besonders bei vier Reflexionen sehr schön hervor.

Fig. 13.



Um die Grenze der Totalreflexion in den Spectrum noch schärfer zu erhalten wird die das Sonnenlicht sammelnde Linse L_1 (Fig. 14) mit einem Spaltenschirm ss bedeckt, welcher in der Brennweite der Linse L_2 steht, durch welche das Licht gehen muß, ehe es auf die reflectirenden Flächen gelangt. Von einem

Fig. 14.



Spaltspunkt fallen bei dieser Anordnung nur parallele Strahlen auf die reflectirenden Flächen, aber von jedem Punkte unter anderem Winkel. Nachdem die Strahlen die Reflexionsprismen P und das Prisma mit gerader Durchsicht passiert haben, gelangen sie auf die Linse L_3 von großer Brennweite, welche in ihrer Brennebene das Spectrum entwirft. Damit keine Strahlen von ss neben dem Prisma vorbei auf L_3 fallen, ist die Linse L_2 mit einer Blendung BB bedeckt.

Diese Anordnung läßt sich ohne Weiteres an dem gewöhnlichen Spectralapparat anbringen, wenn man vor den horizontal gestellten Spalt des Collimators eine Sammellinse setzt, deren Brennweite die Länge des Rohres etwas übertrifft. Das Prisma D kann dann in das Beobachtungsfernrohr eingeschlossen oder vor dessen Objectiv gesetzt werden.

Bei Berücksichtigung der angedeuteten Vorsichtsmaßregeln kann man nach dem Princip der Kreuzung einer anomalen

Totalreflexion und einer normalen Brechung sehr schöne Spectren objectiv darstellen. Mit wachsender Concentration werden die Spectren mehr und mehr distrahirt, sodaß sie nicht mehr ganz durch die Prismen hindurch gehen. Für die Demonstration eignen sich besser schwache Lösungen. Wird dem Alkohol tropfenweis Fuchsinlösung zugesetzt, so macht sich die erste Spur der Anomalie durch eine kaum merkliche Discontinuität der Grenzcurven geltend, die sich allmählich zu voller Deutlichkeit entwickelt.

Photographie.¹⁾ — Schon mehrfach sind Versuche gemacht worden, photographische Bilder in den natürlichen Farben herzustellen. So haben Niépce de St. Victor, Poitevin, Zenker u. A. zu diesem Zwecke Chlorsilberschichten belichtet, bis sie braun wurden und dann diese gebräunten Silbersubchloridschichten unter transparenten farbigen Bildern dem Lichte ausgesetzt. Es bildeten sich die Farben annähernd in den natürlichen Nuancen ab, doch waren leider diese Farben nicht zu fixiren und verschwanden rasch wieder.

Ein wesentlich anderes Verfahren schlug 1865 Ransonnet vor. Von dem Erfahrungssatze ausgehend, daß durch Mischung von blauen, gelben und rothen Pigmenten alle Farbennuancen erhalten werden können, schlug er vor, von einem farbigen Object drei Negative aufzunehmen, eines durch ein gelbes, das zweite durch ein rothes und das dritte durch ein blaues Glas. Diese drei Negative sollten auf lithographische Steine photographisch copirt und mit diesen Steinen sollte nun nach Art des Farbendruckes ein farbiges Bild hergestellt werden. Aber weder Ransonnet noch die Gebrüder Ducos du Hauron und Cros, welche 1869 ein ähnliches Princip benutzten, konnten zum Ziele gelangen, weil man damals noch keine für Gelb und Roth empfindlichen Platten hatte. Als aber 1873 H. W. Vogel zeigte, wie man mit Hülfe gewisser Stoffe, welche gelbe und rothe Strahlen absorbiren, sog. „optischer Sensibilatoren“, Bromsilberplatten auch für diese Farben lichtempfindlich machen kann, nahmen die Gebr. Ducos du Hauron die früheren Versuche wieder auf und führten sie unter Benutzung der Vogel'schen Beobachtungen mit Eosincolloidium glücklich durch. Das Gleiche that

1) Vgl. H. W. Vogel in Wiedemann's Ann. Bd. 28, S. 131.

auch Albert in München, welcher aber statt des von den Gebrüdern Ducos benutzten Pigmentdruckes sein Buchdruckverfahren einführte. Nach dem Ducos'schen Verfahren wurden bei der Aufnahme drei negative Gläser verwendet, die mit orangerothem, grünem und violettem Lack überzogen waren. Von diesen Negativen wurde nun das erste auf blau gefärbtes Pigmentpapier copirt, das zweite auf rothes und das dritte auf gelbgefärbtes. Daß man jedes Negativ in der Complementärfarbe des bei seiner Aufnahme benutzten Glases copiren muß, wird verständlich durch Erinnerung daran, daß auch bei gewöhnlicher schwarzer Photographie mittels eines Negatives, auf welches Schwarz nicht gewirkt hat, ein richtiges positives Bild in Schwarz erhalten wird. Alle drei Copien wurden dann auf dasselbe Papierblatt übertragen. Auf diese Weise erhielt man allerdings farbige Bilder, aber ohne Naturwahrheit, und dies rührte einestheils daher, daß die Gebrüder Ducos bei Herstellung aller drei Negative eine und dieselbe Substanz, nämlich Eosinbromsilber benutzten, obgleich dieselbe nicht rothempfindlich war, anderntheils aber auch daher, daß die Wahl der Copirfarbe ganz in dem Belieben des Copirers stand. Auch die von Albert reproducirten farbigen Rattune, welche Vogel sah, ermangelten der Uebereinstimmung mit dem Originale.

Vogel macht nun a. a. O. darauf aufmerksam, daß man sich bei Herstellung farbiger Photographien nicht auf drei Farben beschränken dürfe, ebenso wenig, wie man dies beim Farben-
druck thut. Mit Hilfe seines Sensibilitätsprincipes ist es auch möglich, dieser Forderung entgegenzukommen und doch jede Willkühr bei der Wahl der Druckfarbe auszuschließen: „man wende statt eines einzigen optischen Sensibilisators deren mehrere an und fertige damit Platten, die für verschiedene Regionen des Spectrum's empfindlich sind. So würde es möglich sein, durch Färbung mit Naphtholblau Bromsilberplatten für Roth, durch Färbung mit Cyanin für Orange, durch Färbung mit Eosin für Gelb, durch Färbung mit Safranin für Grün, durch Färbung mit Fluorescein für Grünblau empfindlich zu machen. Für Blau sind die gewöhnlichen Bromsilberplatten bereits empfindlich.“ Spectrumviolett kommt nicht in Betracht. Obwohl dasselbe nämlich zu den gut sichtbaren Farben gerechnet und demselben sogar eine hervorragende Rolle als Grundfarbe

zugewiesen wird, so sprechen doch verschiedene Umstände dafür, „daß fast alle Farbeneindrücke, die wir Violett nennen (von den Spectrumfarben abgesehen), ihre Nuancen emittirten oder reflectirten blauen oder rothen Strahlen verdanken, selbst dann, wenn prismatisches Violett ebenfalls vorhanden ist. Am deutlichsten geht dieses aus der Spectralanalyse des Methylvioletts, des leuchtendsten violetten Pigments, welches wir besitzen, hervor. Dasselbe läßt in Lösung violette Strahlen neben blauen und rothen leicht hindurch; beobachtet man es aber durch ein Medium, welches die rothen Strahlen absorhirt, die blauen und violetten aber nicht, z. B. eine Lösung von Kupferoxydammoniak so erscheint das Methylviolett rein blau . . . Der Farbeindruck des gedachten Pigments wird somit nur durch Reflexion der rothen Strahlen neben blauen hervorgebracht.“ Ebenso erscheint das brillante violette Licht einer mit Stickstoff gefüllten Geißler'schen Röhre blau, wenn man es durch Kupferoxydammoniaklösung betrachtet, obwohl man durch das Spectroskop erkennt, daß das violette Licht fast ungeschwächt durch diese Lösung hindurchgeht. Um aber wieder auf die Herstellung der verschiedenen Negative zu kommen; so würden durch Anwendung der genannten Sensibilisatoren allerdings Platten gewonnen, die gleichsam für eine bestimmte Spectralregion abgestimmt wären; indessen bliebe allen diesen Platten noch außerdem gemeinsam die dem Bromsilber eigenthümliche Empfindlichkeit für Blau. Aber diese kann bei der Aufnahme leicht unschädlich gemacht werden durch Einschaltung eines Blau absorbirenden Mediums, etwa Chrysanilin- oder Aurantinalack.

Je mehr solcher Platten man nun herstellt und je enger man die Empfindlichkeitsregion jeder einzelnen abgrenzt, desto mehr wird man sich den natürlichen Nuancen nähern, nur ist dann noch erforderlich, daß zum Abdruck die richtige Farbe verwendet wird. „Offenbar muß diese dem zur Wirkung gekommenen Spectrumtheil complementär sein. Dieser Spectrumtheil ist identisch mit den vor dem farbigen optischen Sensibilisator absorbirten Strahlen. Die Complementärfarbe zu den von irgend einem Farbstoff absorbirten Farben bildet aber die Farbe des Farbstoffs selbst. Somit ist jede Platte abzuzeichnen mit dem Farbstoff, der als optischer Sensibilisator gedient hat.“ Die Qualität der für den Farbendruck zweck-

mäßigsten Farbe ist damit gegeben; in quantitativer Hinsicht sind allerdings noch Mißgriffe möglich, „die aber durch spectrophotometrische Messungen ebenfalls beschränkt werden können.“

Freilich leidet das Verfahren zunächst noch an dem Uebelstand, daß die optischen Sensibilisatoren meist sehr unechte Farbstoffe sind. Indessen kann man ja für den Druck an ihrer Stelle echte verwenden, welche mit ihnen gleiche Absorption zeigen, und außerdem fördert die Farbenindustrie fast täglich neue Farbstoffe zu Tage, die als Sensibilisatoren und Pigmente für den Farbendruck dienen können. „Die Herstellung von Photographien in natürlichen Farben mit Benutzung beider ist somit nur eine Frage der Zeit.“

Doppelbrechung des Lichtes in Metallschichten.

— Schon seit längerer Zeit weiß man, daß in einer Geißler'schen Röhre bei geeigneter Stärke der elektrischen Entladung eine Zerstäubung der Kathode eintritt und daß sich das Metall als spiegelnde Schicht an den Wandungen absetzt. Auch hat schon Wright nach diesem Princip auf ebenen Glasstücken schöne, durchsichtige Spiegel der verschiedensten Metalle hergestellt. Neuerdings hat nun Kundt in Straßburg, um zu seinen Versuchen über die elektromagnetische Drehung der Polarisationsebene gleichmäßig cohärente, durchsichtige Metallschichten zu erhalten, ebenfalls verschiedene Metalle durch elektrische Entladungen im luftleeren Raume direct auf Glas niedergeschlagen.¹⁾ Der von ihm benutzte Apparat war dem Wright'schen ähnlich: Ein etwa 10 cm weiter, vertical gestellter, beiderseits offener Glaszylinder kann oben und unten durch abgeschliffene Glasplatten geschlossen werden, in welche verticale Glasröhren eingefittet sind. In die untere ist eine Aluminiumelektrode eingeschmolzen, während die obere die Kathode aus dem Metall enthält, das zerstäubt werden soll. Dieselbe ist in ein engeres Rohr eingeschmolzen, welches mit einem Kautschukstopfen in das eingefittete Rohr eingesetzt wird, so daß die Kathode sich leicht wechseln läßt. Die Glasplatte, auf welcher sich der Niederschlag bilden soll, wird auf einen Glasdreifuß horizontal unter die vertical abwärts gerichtete Kathode gelegt. Durch eine Quecksilberluftpumpe wird der Apparat bis zu hin-

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 59.

reichender Verdünnung ausgepumpt. Wenn das Metall der Kathode leicht oxydirbar ist, so müssen durch wiederholtes Einleiten von reinem, trockenem Wasserstoff aller Sauerstoff und Wasserdampf entfernt werden; doch gelingt es bei einiger Sorgfalt, selbst leicht oxydirbare Metalle, wie Eisen, metallisch niederzuschlagen. Die so erhaltenen Metallspiegel erweisen sich unterm Mikroskop im durchgehenden Licht als völlig cohärent und homogen; sie zeigen meist, auch wenn sie anscheinend ganz oxydfrei sind, Newton'sche Ringe, die besonders schön und deutlich sichtbar werden, wenn die Platten bei ziemlich schiefer Beleuchtung mit einem Nicol'schen Prisma betrachtet werden. Als aber diese Spiegel behufs Untersuchung der elektromagnetischen Drehung zwischen gekreuzte Nicols gebracht wurden, ergaben sie sich als doppelbrechend, und durch eine nähere Untersuchung wurde festgestellt, daß nicht etwa das Glas bei Herstellung der Metallschichten dauernd doppelbrechend geworden ist, sondern daß diesen dünnen Schichten selbst die Erscheinung der Doppelbrechung eigen ist. Die Achsen der Doppelbrechung, d. h. die Ebenen, nach denen die Schwingungen des einfallenden geradlinig polarisirten Lichtes zerlegt werden, lagen an verschiedenen Stellen der Spiegel in verschiedenen Richtungen. Um hierüber genaueren Aufschluß zu erhalten, wurde der Kathode eine möglichst einfache Gestalt gegeben: sie bestand meist aus einem geraden, etwa 2 cm langen und 0.2 bis 0.5 mm dicken Draht, der vertical abwärts ging; unterhalb desselben befand sich in 2 bis 12 mm Abstand die horizontale Glasplatte. Auf solche Weise erhält man — am besten mit Platin — eine konische Metallschicht; die Spitze des Konus, also die größte Dicke der Metallschicht, liegt direct unterhalb der Kathode, von dieser Stelle nimmt die Dicke in allen Richtungen stetig ab. Bei Betrachtung eines solchen Spiegels zwischen gekreuzten Nicols — am besten mit einem schwach vergrößernden Fernrohr — erblickt man ein helles Feld, durchzogen von einem schwarzen Kreuz, dessen Mittelpunkt an der Spitze der konischen Metallschicht liegt; die Arme desselben fallen mit den Schwingungsrichtungen des Lichtes im polarisirenden und analysirenden Nicol zusammen. Demnach liegen an jeder Stelle die Achsen der Doppelbrechung in Richtung der Radialen von der Spitze der konischen Schicht und normal zu diesen Radialen. Dieselbe Er-

scheinung, wie beim Durchgange des Lichtes, zeigt sich auch bei der Reflexion, gleichgültig, ob man die Glasseite oder die Metallseite dem einfallenden Licht zukehrt; immer erblickt man das schwarze Kreuz im hellen Feld. Bemerkenswerth ist, daß einestheils die Erscheinung sowohl beim Durchgang als bei der Reflexion des Lichtes bei ganz minimaler Dicke der Metallschicht von weniger als 0.00001 mm auftritt, andererseits auch bei reflectirtem Licht bei einer solchen Dicke der Metallschicht, daß sie völlig undurchsichtig ist.

Bezüglich der Ursache dieser Erscheinung hat Kundt verschiedene Vermuthungen geprüft; es zeigt sich aber, daß keine derselben frei von Einwänden ist, daher eine endgültige Entscheidung darüber, ob diese Doppelbrechung durch Spannung der Schicht oder durch krystallinische Anordnung der Theilchen, mag diese nun lediglich durch die Molecularkräfte oder unter Mitwirkung elektrischer Kräfte zu Stande kommen, erzeugt wird, erst auf Grund weiterer Versuche möglich erscheint.

Hinzuzufügen ist noch, daß konische Metallschichten, die auf elektrolytischem Wege auf Metallflächen niedergeschlagen wurden, keine Doppelbrechung zeigten.

Wärmelehre.

Wärmeleitungsvermögen tropfbarer Flüssigkeiten. — In tropfbarflüssigen Körpern erfolgt die Verbreitung der Wärme ebenso wie in Gasen vorzugsweise durch Strömung, also Vertheilung der durch die Erwärmung specifisch leichter gewordenen Flüssigkeitstheilchen durch die ganze Masse. Die eigentliche Wärmeleitung, d. h. die Uebertragung der molekularen Bewegung, die wir als Wärme empfinden, von Molekel zu Molekel ist dagegen bei denselben so unbedeutend, daß noch Rumford der Meinung war, diese Körper seien überhaupt keine Leiter der Wärme und nur durch Strömung zu erwärmen. Indessen hat schon Deprez 1839 einen numerischen Werth für die Leitungsfähigkeit des Wassers festzustellen gesucht und dieselbe gleich $\frac{1}{100}$ von der des Kupfers gefunden; Angström aber hat 1864 für den Wärmeleitungscoefficienten des Quecksilbers den Werth $k = 1.06$ gefunden, wobei k diejenige Wärmemenge bedeutet, die bei einem constanten Temperaturunterschied

von 1° in einer Minute durch eine Platte von 1 cm Dicke und 1 qcm Querschnitt hindurchgeht, wenn als Wärmeeinheit die zur Erwärmung von 1 g Wasser um 1° erforderliche Menge betrachtet wird. Nach dessen Methode hat später *Landquist* die Leitungsfähigkeit verschiedener Flüssigkeiten ermittelt und für Wasser $k = 0.0933$ gefunden, also ungefähr $\frac{1}{700}$ von der Leitungsfähigkeit des Kupfers. Nahezu denselben Werth, nämlich $k = 0.0924$, erhielt auch *Winkelmann* für Wasser; für Alkohol fand derselbe $k = 0.0903$, für Kochsalzlösung aber $k = 0.1605$.

Prof. *H. F. Weber* in Zürich hat nun 1879 eine neue Methode zur absoluten Bestimmung der Wärmeleitungsfähigkeit tropfbarer Flüssigkeiten beschrieben, bei welcher die Wärme-
fortführung, also die Hauptfehlerquelle der früheren Methoden, im Wesentlichen beseitigt und die Messung der Leitungsfähigkeit in der Hauptsache auf die genaue Beobachtung einer rasch fallenden Temperatur zurückgeführt ist. Die zu untersuchende Flüssigkeit wird nämlich in Form einer dünnen Lamelle (von $\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ mm Dicke) zwischen zwei horizontale flachcylindrische Scheiben aus Kupfer von höchster Wärmeleitungsfähigkeit gebracht, welche gleiche Größe aber ungleiche Dicke besitzen, und auf eine gewisse, auch den Kupferplatten zukommende Anfangstemperatur erwärmt. Sodann wird von einem bestimmten Zeitpunkte an die untere Platte auf eine bestimmte niedrigere Temperatur abgekühlt, auf welcher man sie auch beständig erhält, während zu gleicher Zeit das Plattensystem nach der Seite und nach oben hin von einer Hülle gleicher Temperatur eingeschlossen wird. Aus dem Gange der Temperatur, der an irgend einer Stelle der oberen Platte während der Abkühlung beobachtet wird, läßt sich dann das absolute Wärmeleitungsvermögen der Flüssigkeitsschicht bestimmen, sobald die Dimensionen, Massen und specifischen Wärmen der einzelnen Theile des Plattensystems bekannt sind und außerdem die Constante der äußeren Wärmeableitung für die obere Platte wenigstens annäherungsweise bestimmt worden ist.

Nach diesem Verfahren hat *Weber* gleich anfangs vierzehn verschiedene Flüssigkeiten untersucht und dadurch das Resultat erhalten, daß sich das Wärmeleitungsvermögen k tropfbarer Flüssigkeiten durch die Formel ausdrücken läßt

$$k = \eta \cdot \rho \cdot c,$$

wobei ρ die Dichte und c die specifische Wärme der Masseneinheit bezeichnet, η aber einen für verschiedene Flüssigkeiten nur wenig verschiedene Zahl bedeutet. Innerhalb der nächsten sechs Jahre hat sich nun Weber bemüht, alle Umstände festzustellen, welche auf den Werth von η Einfluß haben, und hat dabei 50 verschiedene Flüssigkeiten auf ihre Wärmeleitfähigkeit untersucht.¹⁾ Bezüglich des Coëfficienten η stellte sich das bemerkenswerthe Resultat heraus, daß derselbe umgekehrt proportional ist dem mittleren Abstand benachbarter Flüssigkeitsmolekeln. Hinsichtlich dieser Größe mögen folgende Bemerkungen hier Platz finden:

Es werde angenommen, daß eine Molekel der Flüssigkeit aus μ Molekeln des dampfförmigen Zustandes der Flüssigkeit zusammengesetzt ist; m sei die Masse einer Molekel der letzteren, N die Anzahl der Molekeln der Flüssigkeit im Volumen 1, daher

$$\rho = N\mu m.$$

Ist ferner je eine Molekel des flüssigen Zustandes in dem Raum λ^3 anzutreffen, so ist

$$1 = N\lambda^3,$$

und daher

$$\lambda/\sqrt[3]{\mu} = \sqrt{\frac{m}{\rho}}.$$

Diese Größe dient als relativer Ausdruck für den mittleren Abstand benachbarter Flüssigkeitsmolekeln. Ist nun in der That η umgekehrt proportional dieser Größe, so muß der Ausdruck

$$k\lambda/\rho c\sqrt[3]{\mu} = i$$

für alle Flüssigkeiten denselben Werth besitzen. Wie weit dies der Fall ist, zeigt die folgende Tafel, bei welcher zur Ableitung der absoluten Werthe von k als Einheiten Gramm, Centimeter, Minuten und 1° C. genommen sind:

	ρ	$\frac{\lambda}{\sqrt[3]{\mu}}$	c	ρc	k	i
--	--------	---------------------------------	-----	----------	-----	-----

I. Substanzen verschiedener Natur.

Wasser	H ₂ O	1.000	2.62	1.000	1.000	0.0816	0.214
Anilin	C ₆ H ₇ N	1.020	4.50	0.492	0.502	0.0245	0.213
Glycerin	C ₃ H ₈ O ₃	1.251	4.19	0.610	0.763	0.0402	0.221
Aether	C ₄ H ₁₀ O	0.725	4.68	0.525	0.381	0.0182	0.223

1) Sitzungsber. der kgl. preuß. Akad. d. W. zu Berlin. 30. Juli 1885. S. 809.

	ρ	$\frac{\lambda}{\sqrt{\mu}}$	c	ρc	k	i
--	--------	------------------------------	---	----------	---	---

II. Alkohole.

Methylalkohol	CH ₄ O	0.804	3.41	0.605	0.486	0.0297	0.209
Aethylalkohol	C ₂ H ₆ O	0.798	3.86	0.584	0.466	0.0254	0.210
Propylalkohol	C ₃ H ₈ O	0.803	4.21	0.558	0.448	0.0224	0.211
Butylalkohol (Iso-) . .	C ₄ H ₁₀ O	0.806	4.51	0.561	0.452	0.0204	0.204
Amylalkohol (Gährgs-) .	C ₅ H ₁₂ O	0.824	4.74	0.546	0.450	0.0197	0.208

III. Fette Säuren.

Ameisensäure	CH ₂ O ₂	1.220	3.35	0.511	0.623	0.0389	0.209
Essigsäure	C ₂ H ₄ O ₂	1.061	3.84	0.496	0.526	0.0283	0.207
Propionsäure	C ₃ H ₆ O ₂	1.001	4.20	0.473	0.473	0.0234	0.208
Buttersäure, norm. } Isobuttersäure }	C ₄ H ₈ O ₂	0.969	4.49	0.472	0.457	0.0216	0.212
Valeriansäure, norm. } Isovaleriansäure . . . }	C ₅ H ₁₀ O ₂	0.948	4.76	0.470	0.445	0.0195	0.209
Isocaproensäure	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.935	4.98	0.455	0.425	0.0179	0.210

IV. Isomere Ester.

Methylacetat	C ₃ H ₆ O ₂	0.942	4.28	0.498	0.469	0.0231	0.211
Aethylformiat	C ₃ H ₆ O ₂	0.934	4.29	0.497	0.464	0.0227	0.210
Aethylacetat	C ₄ H ₈ O ₂	0.914	4.58	0.479	0.438	0.0209	0.218
Propylformiat	C ₄ H ₈ O ₂	0.887	4.63	0.526	0.466	0.0214	0.212
Propylacetat	C ₅ H ₁₀ O ₂	0.899	4.84	0.475	0.427	0.0196	0.222
Methylbutriat	C ₅ H ₁₀ O ₂	0.914	4.81	0.480	0.439	0.0201	0.220
Aethylbutriat	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.894	5.06	0.477	0.426	0.0191	0.226
Methylvalerat	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.897	5.06	0.482	0.432	0.0189	0.221
Aethylvalerat	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.880	5.29	0.500	0.440	0.0184	0.221
Amylacetat	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.877	5.29	0.496	0.435	0.0181	0.220

V. Chloride.

Chlorbenzol	C ₆ H ₅ Cl	1.117	4.65	0.339	0.379	0.0181	0.222
Chloroform	CHCl ₃	1.511	4.28	0.227	0.343	0.0173	0.216
Chlorkohlenstoff . . .	CCl ₄	1.612	4.57	0.202	0.325	0.0151	0.212
Propylchlorid	C ₃ H ₇ Cl	0.902	4.43	0.395	0.356	0.0170	0.212
Isobutylchlorid	C ₄ H ₉ Cl	0.884	4.71	0.431	0.381	0.0167	0.206
Amylchlorid	C ₅ H ₁₁ Cl	0.876	4.95	0.445	0.339	0.0170	0.216

VI. Bromide.

Brombenzol	C ₆ H ₅ Br	1.504	4.70	0.239	0.359	0.0159	0.207
Aethylbromid	C ₂ H ₅ Br	1.453	4.22	0.210	0.305	0.0148	0.205
Propylbromid	C ₃ H ₇ Br	1.336	4.49	0.258	0.344	0.0154	0.201
Isobutylbromid	C ₄ H ₉ Br	1.221	4.82	0.323	0.394	0.0167	0.204
Amylbromid	C ₅ H ₁₁ Br	1.218	4.99	0.286	0.348	0.0142	0.204

	ρ	$\frac{\lambda}{\sqrt[3]{\mu}}$	c	ρc	k	i
--	--------	---------------------------------	-----	----------	-----	-----

VII. Jodide.

Aethyljodid	C ₂ H ₅ J	1.931	4.32	0.158	0.305	0.0133	0.188
Propyljodid	C ₃ H ₇ J	1.760	4.59	0.182	0.320	0.0132	0.190
Isobutyljodid	C ₄ H ₉ J	1.622	4.84	0.201	0.326	0.0125	0.186
Amyljodid	C ₅ H ₁₁ J	1.489	5.06	0.222	0.330	0.0122	0.187

VIII. Kohlenwasserstoffe.

Benzol	C ₆ H ₆	0.887	4.44	0.418	0.371	0.0200	0.239
Toluol	C ₇ H ₈	0.871	4.72	0.419	0.365	0.0184	0.238
Cymol	C ₁₀ H ₁₄	0.871	5.36	0.437	0.381	0.0163	0.229
Terpentinöl	C ₁₀ H ₁₆	0.870	5.39	0.430	0.374	0.0156	0.225

IX. Sulfide.

Schwefelsäure	H ₂ SO ₄	1.831	3.77	0.348	0.637	0.0459	0.271
Schwefelkohlenstoff	CS ₂	1.276	3.90	0.239	0.305	0.0206	0.263
Senföl	C ₄ H ₅ NS	1.017	4.60	0.392	0.399	0.0229	0.264
Aethylsulfid	C ₄ H ₁₀ S	0.826	4.78	0.433	0.357	0.0197	0.264

Der Mittelwerth von

$$i = \frac{k\lambda}{\rho c \sqrt[3]{\mu}}$$

für die Gruppen II bis VII ist 0.210, stimmt also nahezu mit den Werthen für die vier Flüssigkeiten der ersten Gruppe überein, die doch in ihren sonstigen Eigenschaften so wesentlich verschieden sind. Weber glaubt daher, daß für alle Flüssigkeiten der Gruppe I bis VII die Größe der Wärmeleitungsfähigkeit als direct proportional der specifischen Wärme der Einheit des Volumens und umgekehrt proportional der mittleren Distanz benachbarter Molekeln angesehen werden darf:

$$k = \frac{\rho c}{\lambda} \cdot 0.210 \sqrt[3]{\mu}$$

Für die vier untersuchten Sulfide hat die Zahl i den Mittelwerth 0.265, und da diese Zahl, dividirt mit $\sqrt[3]{2}$, auf 0.210 führt, so gelangt man auch für diese übrigens in ihren physikalischen Eigenschaften so außerordentlich verschiedenen Körper zu der vorstehenden Formel für k , wenn man annimmt, daß in ihnen jede Molekel nur halb soviel Molekeln des dampfförmigen Zustandes enthält als in den 46 andern Flüssigkeiten.

Damit scheint nach Webers Ansicht ein sicherer Ausgangspunkt für die noch zu entwickelnde kinetische Theorie des tropfbarflüssigen Aggregatzustandes gefunden zu sein.

Nach einem anderen Verfahren, das er schon vor mehreren Jahren beschrieben¹⁾, hat L. Grätz die Wärmeleitungsfähigkeit verschiedener Flüssigkeiten untersucht. Bei diesem Verfahren fließt die Flüssigkeit von der Temperatur T_1 durch eine enge Röhre, deren Mantel auf der Temperatur T_0 gehalten wird, und man mißt die Mitteltemperatur V und das Volumen W der in bestimmter Zeit ausfließenden Flüssigkeit im stationären Zustande. Eine ausführliche Theorie der Versuche hat Grätz a. a. O., sowie in einer zweiten Abhandlung²⁾ gegeben. Derselbe fand für eine Temperatur von 13°C . die in folgender Tabelle verzeichneten Werthe für die Größe η , die er als „Temperaturleitungsfähigkeit“ mit α^2 bezeichnet, und daraus sind dann mit Hilfe der gleichfalls angegebenen Werthe der Dichte ρ und der specifischen Wärme c die Werthe für die Wärmeleitungsfähigkeit $k = \rho c \eta$ berechnet worden.

	$\alpha^2 = \eta$	ρ	c	k
KClO ₃ -Lösung	0.0692	1.026	0.98	0.0695
NaCl-Lösung	0.0714	1.153	0.82	0.0671
Glycerin	0.0523	1.210	0.605	0.0382
Alkohol	0.0661	0.8024	0.602	0.0327
Aether	0.0575	0.729	0.53	0.0227
Petroleum	0.0534	0.7899	0.5	0.0213
Terpentinöl	0.0506	0.8692	0.43	0.0195
Schwefelkohlenstoff	0.0529	1.2728	0.237	0.0160

Bezüglich der Abhängigkeit der Größe k von der Temperatur fand Grätz bei den darauf hin untersuchten Flüssigkeiten eine Zunahme, welche in der Nähe von 13° für eine Temperaturerhöhung um 1° betrug bei

Glycerin	0.012	KClO ₃ -Lösung	0.008
Terpentinöl	0.007	Petroleum	0.011
NaCl-Lösung	0.006.		

Doch ist nur der Thatsache, daß k eine Vermehrung erfährt

1) Wiedemann's Ann. Bd. 18, S. 79.

2) Dies. Bd. 25, S. 337.

bei steigender Temperatur, nicht den speciellen Zahlwerthen eine Bedeutung beizulegen.

Durch den Umstand, daß die Größe η für alle Flüssigkeiten nahezu denselben Werth besitzt, daß sie insbesondere von der Reibung ganz unabhängig ist, sind die tropfbaren Flüssigkeiten wesentlich von den Gasen verschieden. In der That ist die Reibung einer Chlorcalciumlösung etwa 100 mal und die einer Glycerinlösung gegen 1000 mal so groß als die des Aethers, während die Temperaturleitungsfähigkeit η bei allen dreien wesentlich gleiche Werthe besitzt. Bei den Gasen dagegen ist die Wärmeleitungsfähigkeit nicht bloß der specifischen Wärme, sondern auch der Reibung proportional. Auch noch in einer zweiten Hinsicht findet bezüglich Reibung und Wärmeleitung ein Unterschied zwischen tropfbaren Flüssigkeiten und Gasen statt: während bei den Gasen sowohl die Wärmeleitung als die Reibung mit steigender Temperatur zunimmt, wächst bei den Flüssigkeiten nur die Wärmeleitungsfähigkeit mit dem Steigen der Temperatur, die Reibung aber wird geringer.

Elektricität und Magnetismus.

Theorie der Elektricität. — Schon mehrfach hat man versucht, die elektrischen — und damit auch die magnetischen — Erscheinungen auf Schwingungen zurückzuführen, analog der Idee, die in der Akustik, Optik und Wärmelehre so befriedigende Ergebnisse geliefert hat. Auch neuerdings ist wieder ein derartiger Versuch gemacht worden von Fr. Tuma, ¹⁾ nach dessen Vorstellung die Elektricität in Schwingungen des Aethers besteht. Die elektrische Spannung setzt er gleich dem Product aus der Spannung des Aethers (proportional der Zahl der Aetherwellen) und der Menge des schwingenden Aethers (mit den zugehörigen Amplituden). Wie die Licht- und Wärmewellen, so sind auch die elektrischen Wellen des Aethers von verschiedener Länge, und zwar hält Tuma bei ihnen die Wellenlänge für größer als bei den Wärme- und Lichtwellen; er glaubt dargethan zu haben, daß die Elektricität zunächst in Wärme und dann in Licht sich umsetzen läßt, und zwar zuerst in rothes

1) Centralztg. f. Optik u. Mechanik. 1885, Nr. 3, S. 227.

Licht, zuletzt in violettes und ultraviolettes, bei welcher Umwandlung die Wellenlänge immer kleiner wird.

Als unelektrisch erscheint uns nach Tuma ein Körper dann, wenn der Aether in demselben ebenso schwingt wie in der Umgebung; schwingt der Aether in dem Körper stärker als in der Umgebung, so erscheint uns der Körper positiv elektrisch, im entgegengesetzten Falle negativ elektrisch. Wenn man gewöhnlich sagt, daß die Elektrizität sich nur auf der Oberfläche leitender Körper ausbreitet, so hält Tuma diese Behauptung für nicht richtig, auch durch das bekannte experimentelle Verfahren nicht für erwiesen. Es existirt nur zwischen dem Innern des Körpers und der Oberfläche nicht der Unterschied, wie zwischen der Oberfläche und der äußern Umgebung. Hätten wir einen Sinn für Elektrizität, so daß wir sie empfinden könnten wie die Wärme, so würden wir ohne Zweifel das Innere elektrisch finden.

Den elektrischen Strom in einem Drahte von durchweg gleicher Stärke denkt sich Tuma nach Art der Schallbewegung in einer überall gleichweiten Röhre: Wird an dem einen Ende der Röhre ein schwacher Ton erregt, so wird zwar die ganze Luft in der Röhre in Schwingungen versetzt, aber die Amplituden sind nur gering; ebenso schwingt bei einem schwachen Strom der Aether nur in kleinen Amplituden. Bei größerer Intensität desselben Tones bleibt die Anzahl der Schwingungen dieselbe, aber die Amplituden werden größer. Ebenso ist bei größerer Menge der Elektrizität, aber gleichbleibender Spannung die Amplitude größer, die Wellenlänge aber dieselbe. Wendert jedoch der schwache Ton seine Höhe, so wird bei größerer Höhe die Wellenlänge kleiner, während die Amplitude dieselbe bleibt. Ebenso schwingt der Aether in kürzeren Wellen, macht also eine größere Anzahl Schwingungen, wenn die Spannung wächst u. s. f.

Auf einen ganz andern Standpunkt hat sich Clausius gestellt in der Rede, die er beim Antritt des Rectorats der Universität Bonn am 18. Oktober 1884 gehalten hat.¹⁾

Clausius weist zunächst darauf hin, daß in neuerer Zeit mehr als ehemals das Bestreben hervortritt, einen innern Zusammenhang zwischen den verschiedenen Agentien der Natur

1) „Ueber den Zusammenhang zwischen den großen Agentien der Natur.“ Bonn, 1885.

nachzuweisen, während man früher diese Agentien, nämlich Licht, Wärme, Magnetismus und Elektricität einzeln betrachtete und die Art der Wirksamkeit jedes Agens für sich zu erklären suchte. Zunächst nahm man früher, um die Wirkungs- und Erscheinungsweisen dieser Agentien zu erklären, gewisse eigenthümliche Stoffe an, einen Lichtstoff, einen Wärmestoff, zwei elektrische und zwei magnetische Fluida, denen man bestimmte spezifische Eigenschaften beilegte. Diese Vorstellungen waren noch am Anfange dieses Jahrhunderts allgemein herrschend, trotzdem, daß schon im siebzehnten Jahrhundert Huygens die Lichterscheinungen auf Schwingungen zurückzuführen gelehrt und die Fundamentalgesetze des Lichtes, namentlich die Reflexion und Brechung, in befriedigendster Weise erklärt, auch die Grundlagen für die Theorie der Doppelbrechung und der Beugung des Lichtes geschaffen hatte. Es bedurfte noch entscheidender Erfahrungen, um in unserem Jahrhundert der Huygens'schen Undulationstheorie den Sieg zu verschaffen. Dadurch wurde der Lichtstoff, den man sich von den leuchtenden Körpern ausgehend dachte, beseitigt; aber freilich machte sich die Annahme eines anderen, viel feineren, alle ponderabeln Stoffe durchdringenden Mediums nöthig, das die kleinen Lichtschwingungen fortpflanzt, des Aethers.

Später wurde man auf die große Aehnlichkeit zwischen Licht und strahlender Wärme aufmerksam. Daß beide im Bezug auf Reflexion und Brechung denselben Gesetzen gehorchen, wußte man schon lange; besonders durch Melloni wurde aber nachgewiesen, daß auch bei den Wärmestrahlen qualitative Verschiedenheiten, analog den verschiedenen Farben des Lichtes bestehen, und Knoblauch und Andere zeigten, daß auch in den complicirten Erscheinungen der Doppelbrechung und Polarisation die strahlende Wärme sich ähnlich wie das Licht verhält. So kam man mit Nothwendigkeit zu der Ueberzeugung, daß die strahlende Wärme gleich dem Lichte aus wellenförmig fortschreitenden Schwingungen besteht. Nunmehr durfte man aber auch die Eigenwärme der Körper, die sich ja in strahlende Wärme umsetzen läßt, nicht mehr für einen Stoff halten, mußte sie vielmehr auf Bewegungen der Körpertheilchen zurückführen. So entstand die mechanische Wärmelehre. Das Licht erscheint uns nun gar nicht mehr als ein besonderes Agens, sondern

fällt vollständig mit der strahlenden Wärme zusammen, ist nur eine specielle Erscheinungsform derselben. „Die durch die schwingenden Atome der Körper hervorgerufenen wellenförmig fortschreitenden Schwingungen, welche die strahlende Wärme bilden, üben nämlich neben anderen Wirkungen auch eine Wirkung auf unser Auge aus, indem ein Theil dieser Schwingungen die Fähigkeit hat, in dem Auge die Empfindung hervorzurufen, auf welcher das Sehen beruht. Bei der speciellen Betrachtung dieser für uns besonders wichtigen Wirkung, sowie auch bei der Betrachtung einiger chemischen Wirkungen bezeichnen wir die strahlende Wärme mit dem Worte Licht.“ Statt der beiden Agentien Licht und Wärme haben wir also nur noch eines, das beide umfaßt, die Wärme.

Elektricität und Magnetismus hielt das Alterthum in unwissenschaftlicher Betrachtung in gewissem Sinne für identisch. Man wußte nämlich, daß gewisse Mineralien, die man nach ihrem Fundorte Magnesia „Magnete“ nannte, Eisen anziehen, welche Eigenschaft von den griechischen Philosophen vielfach besprochen wurde; als man nun bemerkte, daß Bernstein, wenn er gerieben wird, leichte Körper anzieht, schrieb man ihm eine Art Magnetismus zu. Der Name „Elektricität“ ist erst im Jahre 1600 von Gilbert, dem Leibarzt der Königin Elisabeth von England, eingeführt worden. So lange man nur die durch Reibung hervorgerufene statische Elektricität kannte, war ein innigerer Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus nicht zu entdecken. Nachdem man aber durch Galvani und Volta gelernt hatte, continuirliche elektrische Ströme zu erzeugen, entdeckte Dersted 1820 die Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom, und Ampère gelang es, die gegenseitige Wirkung galvanischer Ströme auf einander experimentell nachzuweisen. Der letztere fand weiter, daß ein kleiner, in sich geschlossener elektrischer Strom sich im Bezug auf Kräfte, die zwischen ihm und andern Strömen oder Magneten wirksam sind, gerade so verhält, wie ein kleiner Magnet. Da sich nun die magnetischen Eigenschaften von Eisen und Stahl erklären lassen, wenn man jedes Eisenatom als einen kleinen Magneten betrachtet, so konnte Ampère eine Erklärung des Magnetismus geben durch die Annahme, jedes Eisenatom sei von einem elektrischen Ströme umkreist.

Damit waren beide Agentien, Elektricität und Magnetismus, auf das eine, die Elektricität, zurückgeführt, und von den ursprünglich vier Agentien bleiben also nur noch zwei übrig, Wärme und Elektricität.

Zwischen diesen beiden sind schon längst gewisse Wechselwirkungen bekannt: elektrische Ströme erzeugen sehr hohe Wärmegrade und sehr intensives Licht, während man umgekehrt durch Wärme elektrische Ströme und durch diese Magnetismus hervorrufen kann. Clausius hält es aber für voreilig, diese Erscheinungen als eine Umwandlung von Elektricität in Wärme und Licht oder von Wärme in Elektricität und Magnetismus aufzufassen. „In Wirklichkeit hat noch niemand Elektricität in Wärme und Wärme in Elektricität verwandelt, sondern es handelt sich in jenen Vorgängen um Verwandlungen ganz anderer Art. Der elektrische Strom besteht aus einer continuirlichen Bewegung der Elektricität, welche durch irgend eine fremde Kraft hervorgerufen und unterhalten wird. Wenn nun durch den elektrischen Strom Wärme erzeugt wird, so geschieht dies in der Weise, daß durch die Bewegung der Elektricität auch die Atome der Stoffe, durch welche die Elektricität geht, in Bewegung gesetzt werden, und die dadurch entstehende Atombewegung ist eben Wärme. Es hat sich also nicht die Elektricität selbst, sondern nur ihre Bewegung in Wärme verwandelt. Ebenso wird, wenn durch Wärme ein elektrischer Strom hervorgerufen wird, nicht Elektricität erzeugt, sondern nur die in den Leitern vorhandene Elektricität in Bewegung gesetzt, und es verwandelt sich somit Wärme in Elektricitätsbewegung.“ In allen solchen Fällen wird also nach Clausius' Vorstellung immer nur eine Bewegung in eine andere Bewegung umgesetzt, nämlich Elektricitätsbewegung in Atombewegung oder umgekehrt.

Während aber nichts zu der Erwartung berechtigt, aus diesen Vorgängen eine Aufklärung über das Wesen der Elektricität zu erlangen, während namentlich der Schluß, daß dieselbe von gleicher Natur mit der Wärme sei, von Clausius für ganz verfehlt erklärt wird, „hat sich in neuerer Zeit eine überraschende Thatsache herausgestellt, welche nach anderer Richtung hin einen Zusammenhang der Elektricität mit Wärme und Licht erkennen läßt, und geeignet ist, einen wirklichen Einblick in das Wesen der Elektricität zu ermöglichen.“

Durch eine meisterhafte Untersuchung von Wilhelm Weber und Kohlrausch sind nämlich die von elektrischen Strömen im Ganzen ausgeübten elektrodynamischen Kräfte in eine bestimmte numerische Beziehung gebracht mit entsprechenden elektrostatischen, also unabhängig von der Bewegung wirkenden Kräften. Die Uebertragung dieses Resultates auf einzelne bewegte Elektricitätstheilchen ist allerdings in einiger Beziehung noch unsicher; doch erscheint dieser Umstand für den vorliegenden Zweck nicht störend. Denkt man sich nun zwei gleichartige Elektricitätstheilchen, welche sich mit gleichen und unveränderlichen Geschwindigkeiten in parallelen Richtungen bewegen, so üben diese als elektrostatische, von der Geschwindigkeit unabhängige Kraft eine Abstoßung, als elektrodynamische, mit der Geschwindigkeit wachsende Kraft aber eine Anziehung, aus. Es liegt nun die Frage nahe, wie groß wohl die Geschwindigkeit der Elektricitätstheilchen sein muß, damit beide Kräfte einander gleich werden und sich gegenseitig aufheben. Die Untersuchungen von Weber und Kohlrausch zeigen, daß die hierzu nöthige Geschwindigkeit der Elektricitätstheilchen gerade so groß sein muß, wie diejenige Geschwindigkeit, mit welcher sich die strahlende Wärme und das Licht im Weltraum fortpflanzen. Diese Uebereinstimmung kann kaum ohne inneren Grund sein.

Dazu kommt noch eine andere Thatsache. Bekanntlich pflanzt sich das Licht in einem durchsichtigen Körper langsamer fort, als im freien Weltraum, worauf die Brechung des Lichtes beruht. In einem solchen Körper hat aber auch, wie durch Beobachtung festgestellt ist, die durch die elektrostatische Kraft bewirkte gegenseitige Einwirkung zweier Elektricitätstheilchen eine verminderte Größe, woraus weiter folgt, daß auch die Geschwindigkeit, mit welcher die Theilchen sich bewegen müssen, damit ihre elektrodynamische Kraft die elektrostatische aufhebt, in einem solchen Körper geringer ist, als im freien Weltraum, und zwar ist, soweit sich aus den bisherigen Messungen ersehen läßt, die Verringerung der letzteren Geschwindigkeit ebenso groß, wie die der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes.

An einem nahen Zusammenhang zwischen Elektricität und Wärme (oder Licht) ist hiernach nicht mehr zu zweifeln. Dazu

kommt, daß der englische Physiker Maxwell mit Zuhilfenahme elektrischer Kräfte zu denselben Gleichungen für die Fortpflanzung des Lichtes gelangt ist, die man bisher auf die Elasticität des Aethers gegründet hatte. Bei dieser elektrodynamischen, oder, wie Maxwell selbst sagt, elektromagnetischen Theorie des Lichtes hat derselbe allerdings manche Voraussetzungen machen müssen, die nicht selbstverständlich sind, und von denen er selbst zugiebt, daß ihre Begründung durch mechanische Betrachtungen ihm nicht gelungen ist; es muß daher der weiteren physikalischen Forschung zunächst noch überlassen bleiben, „eine bestimmte Vorstellung von der Beschaffenheit der Elektricität zu gewinnen, die geeignet ist, auch noch jene in der Rechnung gemachten Voraussetzungen als richtig und nothwendig erkennen zu lassen. Soviel aber kann man wohl jetzt schon sagen: wenn die Fortpflanzung der strahlenden Wärme und des Lichtes aus elektrischen Kräften erklärt werden soll, so muß man sich den Weltenraum mit Elektricität erfüllt denken, und muß daher annehmen, daß derjenige im ganzen Weltenraum und selbst im Inneren aller Körper vorhandene Stoff, welchen man bisher Aether nannte, nichts anderes ist, als Elektricität.“

Hiernach würde es neben der ponderablen Masse nur noch einen einzigen Stoff, die Elektricität, geben, und alle die verschiedenen physikalischen Erscheinungen würden in verschiedenen Bewegungen ihre Erklärung finden.

Eine Theorie des Magnetismus ist vor einiger Zeit von Hughes aufgestellt worden.¹⁾ Die Hauptsätze derselben sind folgende:

1) Jede Molekel eines Stückes Eisen, Stahl oder eines anderen magnetischen Körpers ist ein besonderer und selbstständiger Magnet, welcher seine zwei Pole und genau dieselbe Vertheilung der magnetischen Polarität besitzt, wie der in einem Stahlstabmagnet äußerlich wahrnehmbare Magnetismus.

2) Jede Molekel oder ihre Polarität kann durch Torsion, Spannung oder die physikalischen Kräfte des Magnetismus

1) „The cause of evident magnetism in iron, steel and other magnetic metals“. Paper read before the Society of Telegraph Engineers and of Electricians, on May 24, 1883. Nature XXVIII, p. 159, 183.

und der Elektrizität in zweifacher Richtung um ihre Achse gedreht werden.

3) Die jeder Molekel innewohnende Polarität ist eine constante Quantität, wie die Schwere; sie kann weder vermehrt noch zerstört werden.

4) Haben wir äußere Neutralität oder nicht sichtbaren Magnetismus, so sind die Molekeln oder ihre Polaritäten so geordnet, daß sie ihre gegenseitige Anziehung auf kürzestem Wege befriedigen und so einen vollständig geschlossenen Anziehungskreis bilden.

5) Wird der Magnetismus äußerlich wahrnehmbar, so haben die Molekeln oder ihre Polaritäten sich sämtlich in einer Richtung symmetrisch gedreht und erzeugen einen Nordpol, da wo sie sich im Bezug auf das Stahlstück in der einen Richtung gedreht haben, einen Südpol auf der entgegengesetzten Seite. Eine symmetrische Anordnung ist auch bei äußerlich wahrnehmbarem Magnetismus vorhanden, aber eine solche, deren Anziehungskreise erst durch einen äußeren, die Pole verbindenden Anker geschlossen werden.

6) Permanenten Magnetismus haben wir, wenn die Rigidität (Zähigkeit) der Molekeln dieselben in ihren Lagen festhält, wie bei gehärtetem Stahl, dagegen temporären Magnetismus, wenn die Molekeln sich verhältnißmäßig frei drehen können, wie bei weichem Eisen.

Diese Theorie, die in Folge des wohlverdienten Ansehens, das ihr Urheber genießt, in England viel Beachtung gefunden hat, ist indessen nicht neu, sondern alle Sätze derselben sind schon vor längerer Zeit von G. Wiedemann ausgesprochen worden.¹⁾ Im Uebrigen sagt Hughes nichts bezüglich der eigentlichen Ursache des Magnetismus der einzelnen Molekeln, es liegt also auch in den von ihm ausgesprochenen Sätzen kein Widerspruch gegen die Ampère'sche Theorie.

An diese letztere lehnen sich die theoretischen Betrachtungen an, welche Werner Siemens der Berliner Akademie am 31. Juli 1884 vorgeführt hat.²⁾ Derselbe klagt zunächst darüber,

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 376.

2) Sitzungsber. der kgl. preuß. Akad. d. W. zu Berlin. Jahrg. 1884. 2. Halbbd. S. 965.

daß die vorhandenen Theorien dem Praktiker so wenig Aufschluß darüber geben, wie er bei der Construction elektromagnetischer Maschinen die Massen- und Formverhältnisse der Elektromagnete zu wählen hat, um mit dem geringsten Material- und Raumaufwand die größte Wirkung zu erreichen. Statt dessen stehe der Techniker einer verwirrenden Menge von Gesetzen und empirischen Formeln gegenüber, die es ihm unmöglich macht, sich ein klares Gesamtbild von dem ursächlichen Zusammenhang der Erscheinungen zu machen, das ihm als Leitfaden bei seinen Constructionen dienen könnte. Die Ursache dieses unbefriedigenden Zustandes sucht Siemens darin, daß man bei allen Theorien des Magnetismus vom permanenten Magnetismus ausgegangen ist, der doch nur eine secundäre Erscheinung, nämlich ein Rückstand von einer vorhergegangenen stärkeren Magnetisirung ist. Elektricität in Bewegung ist die einzige bekannte Quelle des Magnetismus, was auch vom Erdmagnetismus gilt (vgl. oben S. 11). Der Magneteisenstein und andere im magnetischen Zustande in der Natur vorkommende Körper verdanken ihren Magnetismus dem Erdmagnetismus, in einzelnen Fällen auch elektrischen Entladungen.

Wenn man ausgeht von der Annahme eines durch elektrische Ströme magnetisirbaren Körpers, der keinen Magnetismus zurückbehält, wenn die Ursache des Magnetismus aufhört, und wenn man mit Faraday annimmt, daß die Fortpflanzung der magnetischen Wirkung sowohl in dem magnetischen Körper selbst als in dem ihn umgebenden Raume nur von Molekel zu Molekel oder von Raumelement zu Raumelement erfolgen kann, so liegt die weitere Annahme nahe, daß die inneren und die äußeren Wirkungen in voller Abhängigkeit von einander stehen. Daher kann in einer Eisenstange, wenn sie von einem elektrischen Strome umkreist wird, durch elektrische Vertheilungskraft nur soviel Magnetismus erzeugt werden, wie in dem die Stange umgebenden Raume durch die in der Richtung der Faraday'schen Kraftlinien von den nordmagnetischen zu den süd-magnetischen Oberflächentheilen des Stabes fortschreitende magnetische Vertheilung gebunden und dadurch als magnetischer, in sich geschlossener Kreis angeordnet wird.

Ist diese Auffassung richtig, so müssen sich die Gesetze über die molekulare Mittheilung von Wärme, Elektricität und

elektrostatische Vertheilung unter gewissen Modificationen auch auf den Magnetismus anwenden lassen. Insbesondere muß es für die Stärke des Magnetismus einen Ausdruck von der Form: „Summe der magnetisirenden Kräfte dividirt durch Summe der Widerstände“ geben, und ein weiteres Gesetz müßte dahin lauten, „daß in jeder Schnittfläche, welche alle vorhandenen Kraftlinien durchschneidet, die Summe der magnetischen Momente aller durchschnittenen magnetischen Molekeln gleich Null ist“. Eine derartige Schnittfläche kann nur durch die neutrale Mitte des magnetisirten Körpers gehen, und es muß dann die Summe der magnetischen Momente der durchschnittenen Eisenmolekeln so groß sein, wie diejenige der außerhalb des Eisens durchschnittenen Molekeln oder Raumelemente.

Die Reihenfolge der elektrischen Erscheinungen hat man sich nun nach Siemens so zu denken, daß beim Auftreten einer Potentialdifferenz zwischen zwei in einem isolirenden Medium befindlichen leitenden Körpern auf der Oberfläche der letzteren eine Ansammlung von ruhender Elektrizität von entgegengesetzter Polarität entsteht, deren Größe von dem Widerstande abhängt, den die nichtleitende Materie in der Umgebung der elektrischen Vertheilung entgegenstellt. Dieser Widerstand ist abhängig von den Raumverhältnissen und einem der ihn ausfüllenden Masse eigenthümlichen Vertheilungscoefficienten. Ist der trennende Raum nicht isolirend, sondern ganz oder theilweise ein Leiter der Elektrizität, so entsteht ein elektrischer Strom, dessen Stärke wiederum abhängt von der Summe der Widerstände, die sich der Fortbewegung der Elektrizität entgegenstellen. Der elektrische Strom oder die Elektrizität in Bewegung hat die Eigenschaft, gleichgerichtete Ströme, beziehentlich die materiellen Träger derselben anzuziehen, entgegengesetzt gerichtete aber abzustößen. Nimmt man nun mit Ampère an, daß die magnetische Materie mit präexistirenden Molecularströmen erfüllt ist, so muß der elektrische Strom alle diese Elementar-Solenoiden aus ihrer Gleichgewichtslage zu drehen streben, und ihre Achsen müssen in die Peripherie von Kreisen fallen, die den Stromträger concentrisch umgeben. Ist bei einer Materie, wie z. B. beim Eisen, in der Raumeinheit eine größere Zahl solcher Kreisströme enthalten, so muß auch die Stromarbeit eine größere sein, da eine größere Anzahl von Solenoiden, auf

welche der Strom drehend einwirkt, in jedem Querschnitt des concentrischen Ringes enthalten ist. Da aber auch die verstärkende Wirkung, welche die auf einander folgenden Querschnitte, des geringeren Abstandes der Elementar-Solenoiden von einander wegen, auf einander ausüben müssen, jetzt größer ist, so muß aus beiden Gründen die Summe der Momente eines concentrischen Ringes aus Eisen größer sein, als die eines Raumringes von gleichen Abmessungen, der mit einer weniger magnetischen Materie erfüllt ist. Man kann dies auch so ausdrücken, daß das Eisen und die übrigen sogenannten magnetischen Körper der magnetischen Polarisation einen geringeren Widerstand entgegensetzen, wie die nicht magnetischen Körper, oder daß ihre magnetische Leitungsfähigkeit eine größere ist. Eine magnetische Fernwirkung kann bei Ringen aus homogenem Material, welche einen Stromleiter concentrisch umgeben, nicht auftreten, da alle Kraftlinien innerhalb des Ringes verlaufen. Bei einem nicht in sich geschlossenen Ringe ändert sich dies Verhältniß. Da der magnetische Vertheilungswiderstand des Eisens, wie Siemens durch Versuche festgestellt hat, nur etwa $\frac{1}{500}$ desjenigen der Luft ist, so muß bei einem unterbrochenen Ringe der Gesamtmagnetismus, dem hinzugetretenen großen Vertheilungswiderstande des lusterfüllten Raumes der Unterbrechungsstelle entsprechend, kleiner werden, und es müssen Vertheilungs- oder Kraftlinien, welche die Ringtheile verbinden, in sehr verschiedener Stärke den ganzen umgebenden Raum erfüllen und in ihm die Erscheinung der magnetischen Anziehung und Vertheilung oder die des sogenannten freien Magnetismus hervorbringen.

Demnach würde die Ampère'sche Theorie dahin zu erweitern sein, daß nicht nur die magnetischen, sondern alle Körper, sowie auch der leere Raum mit präexistirenden Kreisströmen von sehr geringen Dimensionen erfüllt sind, und daß sich die magnetischen von den nicht magnetischen Körpern nur dadurch unterscheiden, daß in den ersteren die Anzahl der in der Raumeinheit vorhandenen Kreisströme eine weit größere ist, als in der letzteren.

Die magnetischen Erscheinungen würden sich dann alle zurückführen lassen auf die Eigenschaft des elektrischen Stromes, eine Richtkraft auszuüben auf die im ganzen Raume verbrei-

teten, in den sogenannten magnetischen Körpern in größerer Anzahl vorhandenen Molecular-Solenoiden, welche deren Achsen senkrecht zur Stromrichtung zu stellen und in geschlossene concentrische Anziehungskreise zu ordnen sucht. Die Größe dieser Achsendrehung hängt einerseits von der Stärke der richtenden oder magnetisirenden Kraft, andererseits aber von der Anzahl der in der Volumeneinheit präexistirenden molekularen Kreisströme ab, für welches Zahlenverhältniß man den Ausdruck „magnetische Leitungsfähigkeit“ oder, wenn es sich um den reciproken Werth handelt, die Bezeichnung „magnetischer Bertheilungswiderstand“ einführen kann.

Es ist bereits erwähnt worden, daß durch besondere Versuche der Bertheilungswiderstand der Luft ungefähr gleich $\frac{1}{500}$ von dem des Eisens gefunden worden ist. Es lag nun die Frage nahe, ob der erstere Widerstand nicht theilweise dem Einflusse des in der Luft enthaltenen magnetischen Sauerstoffs zuzuschreiben ist. Um darüber Klarheit zu erhalten, wurden zwei runde eiserne Platten von 8 cm Durchmesser in 5 mm Abstand von einander durch einen angelötheten Messingring mit einander verbunden. Durch zwei in den Ring eingesetzte, mit Hähnen verschließbare Röhren ließ sich der Raum zwischen den Eisenplatten mit irgend einem Gas füllen oder auch luftleer machen. Die Platten wurden dann an den Ansatzstücken der Polenden eines Elektromagneten befestigt, worauf man das magnetische Moment des magnetischen Kreises bei verschiedenen Stromstärken bestimmte. Dabei stellte sich nun keinerlei Unterschied heraus, mochte atmosphärische Luft, Sauerstoff oder Wasserstoff den Raum zwischen den Platten ausfüllen, oder mochte derselbe durch eine Quecksilberluftpumpe evacuirt worden sein.

Daraus folgt, daß die magnetische Eigenschaft des Sauerstoffes, sowie überhaupt der Einfluß der Materie mit Ausnahme des Eisens und der anderen sogenannten magnetischen Metalle auf die Magnetisirung erst bei sehr großen magnetischen Momenten, bei denen schon diamagnetische Erscheinungen auftreten, sich bemerkbar macht, und daß bei den nicht magnetischen Körpern nur die Raumverhältnisse in Betracht kommen, wenn es sich um magnetische Erscheinungen handelt. Auf diesen letzteren Umstand geht Siemens nicht näher ein; doch unterläßt er nicht,

darauf hinzuweisen, daß die auffallende Thatsache, daß die Luftleere ebenso wie die nicht magnetische Materie magnetische Vertheilung und Anziehung vermittelt, ihre Erklärung finden würde, wenn man die Ampère'schen molecularen Kreisströme im Anschluß an die Anschauungen von Secchi und Edlund ersetzte durch Aetherwirbel, die den ganzen Weltraum erfüllen und die in den magnetischen Körpern nur in weit größerer Menge oder Stärke vorhanden sind. Man sieht, wie hier die Anschauungen von Siemens sich mit denen von Clausius berühren.

Bezüglich der experimentellen Begründung seiner Fundamentalsätze verweisen wir auf die Originalabhandlung von Siemens.

Wirkung elektromagnetischer Kräfte auf das Licht. — Bekanntlich hat Faraday im Jahre 1846 die interessante Wahrnehmung gemacht, daß die Polarisationsebene des Lichtes, wenn dasselbe innerhalb eines magnetischen Feldes durch Glas geht, eine Drehung erleidet, welche der magnetischen Kraft proportional ist und in derselben Richtung stattfindet, wie die Drehung der Ampère'schen Molecularströme. Die Erscheinung läßt sich bei Glas und anderen durchsichtigen festen Körpern am besten mit Hilfe eines von Ruhmkorff angegebenen Apparates zeigen, der aus zwei in einer Richtung liegenden, vom elektrischen Strome umkreisten Spulen mit hohlen Eisenkernen besteht, zwischen denen der durchsichtige Körper eingeschalten wird, während in die beiden Spulenden Nicol'sche Prismen eingesetzt sind. Tritt nun ein Lichtstrahl in den ersten Nicol ein, so wird er hier polarisirt, geht so durch das Glas und tritt durch den zweiten Nicol, an welchem sich das Auge des Beobachters befindet, aus. Sind die beiden Nicol so gestellt, daß das Gesichtsfeld dunkel erscheint, so lange der Strom offen ist, so wird das Gesichtsfeld mehr oder weniger hell werden, wenn man den Strom schließt, also den Eisenkern magnetisch macht. Der Winkel, um welchen man den einen Nicol drehen muß, bis wieder Dunkelheit eintritt, giebt die Größe der Drehung der Polarisationsebene an. In ähnlicher Weise läßt sich die Erscheinung auch bei Flüssigkeiten beobachten, die man in ein Soleil'sches Saccharimeter einschließt, dessen Röhre vom Strome umkreist ist. Analog dem Faraday'schen Gesetz ist auch hier die Drehung proportional der Stromstärke.

Während man anfangs meist Glas und diamagnetische Flüssigkeiten untersuchte, dehnte Berdet 1876 die Untersuchungen auf Lösungen von Eisensalzen aus. Seine Vermuthung, daß hier eine Drehung entgegen der Richtung der Ampère'schen Elementarströme eintreten werde, weil das Eisen paramagnetisch ist, die erst untersuchten diamagnetischen Körper aber alle eine Drehung im Sinne der Ampère'schen Ströme zeigen, fand in der That bei concentrirter Eisenchloridlösung Bestätigung, und bei einer Anzahl anderer Salze magnetischer Metalle ergab sich wenigstens, entsprechend der Berdet'schen Argumentation, eine Verminderung der Drehung des diamagnetischen Lösungsmittels. Wenn aber auch die Vermuthung Berdet's durch die Erfahrung bestätigt wurde, so beruht sie doch auf einer falschen Voraussetzung, denn es ist neuerdings durch Kundt der Beweis geliefert worden, daß die drei vorzugsweise paramagnetischen Metalle Eisen, Kobalt und Nickel der Polarisationsebene gar keine negative Drehung, wie Berdet annahm, d. h. entgegen der Richtung der Ampère'schen Ströme, ertheilen, sondern eine positive, also in Richtung der Ströme.¹⁾

Um die genannten Metalle in dünnen durchsichtigen Schichten zu erhalten, benutzte Kundt Glasspiegel, wie sie König in Paris als rotirende Spiegel bei seinen akustischen Apparaten verwendet. Bei denselben ist auf der Glasfläche eine dünne, sehr schön spiegelnde Platinschicht eingebrannt, die sehr gut durchsichtig ist und so vollkommen leitend, daß man auf ihr ein anderes Metall in spiegelnder beliebig dünner Schicht niederschlagen kann. Auf dieser Platinschicht bildete nun Kundt galvanoplastische Niederschläge von Eisen (nach Barrentrapp's Verfahren), Kobalt und Nickel (aus schwefelsaurem Kobalt- und Nickelorydul-Ammoniak). Einzelne der so erhaltenen Eisen- und Nickelspiegel wurden noch mit spiegelnden Schichten von Gold, Silber oder Kupfer von so geringer Dicke überzogen, daß die Spiegel noch durchsichtig waren. Was die Färbung des weißen Lichtes beim Durchgang durch solche Spiegel an-

1) Sitzungsberichte der kgl. preuß. Akademie d. W. zu Berlin. Jahrg. 1884, 2. Halbbd., S. 761; Jahrg. 1885, 2. Halbbd., S. 1055. Wiedemann's Ann. Bd. 23, S. 228; Bd. 27, S. 191.

langt, so absorbirt Platin alle Farben ziemlich gleichmäßig, nach dem Durchgang durch Eisen ist das Licht braun, bei Kobalt grau und bei Nickel ebenfalls grau mit einem Stich ins Blau.

Längliche Streifen solcher Eisenspiegel lassen sich leicht durch Streichen mit einem Magnet permanent magnetisch machen, da die Coërcitivkraft des galvanisch niedergeschlagenen Eisens ziemlich beträchtlich ist. Man kann so durchsichtige Eisenmagnete, und ebenso auch Kobalt- und Nickelspiegel herstellen, welche, an einem Coconfaden aufgehängt, sich ganz gut in den magnetischen Meridian einstellen.

Zu den Versuchen wurde ein Ruhmkorff'scher Elektromagnet benutzt, dessen mit Draht umwickelte Eisenkerne mit konischen, durchbohrten Polstücken versehen waren, die 4 mm abstanden. In der Mitte zwischen beide und senkrecht zur Richtung der Lichtstrahlen wurde die mit dem Metallüberzug versehene Glasplatte gebracht. Eine Gramme'sche Maschine lieferte den elektrischen Strom von etwa 16 Ampère. Es wurde nun erst die Drehung beim Durchgange des Lichts durch eine Stelle, die nicht mit Eisen, beziehentlich Nickel oder Kobalt überzogen war, beobachtet, dann die Drehung beim Durchgang durch Glas, Platin und Eisen oder Kobalt oder Nickel. Als Lichtquelle diente die Sonne, und da bei der Drehung eine starke Dispersion eintrat, so wurde auf den Uebergang zwischen Blau und Roth eingestellt, also die Drehung für die mittleren Strahlen des Spectrums bestimmt.

Aus den Versuchen geht nun hervor, daß durchsichtige Schichten von Eisen, Kobalt und Nickel im magnetischen Feld die Polarisationsebene von durchgehendem Licht sehr stark drehen. Die Drehung ist bei Eisen für die mittleren Strahlen des Spectrums über 30000 mal größer als bei Glas von gleicher Dicke; sie erfolgt bei allen drei Metallen im Sinne des magnetisirenden Stromes (also im Sinne der hypothetischen Ampèr'schen Ströme).

Um das specifische Drehvermögen des Eisens zu bestimmen, d. h. das Verhältniß zwischen der Drehung im Eisen und in einer Substanz, z. B. Glas, wurde die Dicke der Eisenschicht bei einem Spiegel durch Wägung vor und nach dem Niederschlag des Eisens zu 0.000055 mm ermittelt; die Drehung

durch Glas und Platin, welches letztere sich übrigens ohne Einfluß erwies, betrug $1^{\circ} 37'$, diejenige durch Glas, Platin und Eisen $3^{\circ} 25'$, also die durch das Eisen allein $1^{\circ} 48'$; da nun die Dicke des platinirten Glases 1.61 mm betrug, so dreht das Eisen ungefähr 32000 mal so stark als eine gleich dicke Schicht benutzten Glases.

Kobalt dreht nahezu gleich stark wie Eisen, Nickel aber erheblich weniger, im Mittel aus zwei Versuchen nur ungefähr 14000 mal so stark als Glas.

Diese Zahlen können schon wegen der Unsicherheit der Bestimmung der Dicke der Metallschicht keinen Anspruch auf große Genauigkeit erheben; es ergiebt sich aber, wie Kundt in der zweiten der citirten Mittheilungen an die Berliner Akademie (26. November 1885) hervorhebt, noch weiter, daß man überhaupt nicht von einer specifischen Drehung des Eisens sprechen kann, „wenn man unter dieser Bezeichnung ein für alle magnetisirenden Kräfte constantes Verhältniß der Drehung im Eisen zu derjenigen in einer anderen Substanz, etwa Wasser oder Schwefelkohlenstoff versteht.“ Nach den früheren Beobachtungen wird allerdings bei einer diamagnetischen oder schwach magnetischen Substanz die elektromagnetische Drehung der Polarisationsebene für eine bestimmte Wellenlänge und eine bestimmte Länge der durchstrahlten Schicht in einem homogenen magnetischen Feld proportional der Componente der magnetischen Kraft nach der Richtung der Strahlen, oder wenn diese Richtung mit derjenigen der magnetischen Kraftlinien zusammenfallen, proportional der Intensität des Magnetfeldes angenommen, und man hat die Drehung, welche die Längeneinheit einer Substanz in einem Felde von der absoluten Intensität Eins hervorbringt, sobald die Lichtstrahlen und die Kraftlinien gleiche Richtung haben, als Verdet'sche Constante der Drehung bezeichnet. Ebenso wie die Drehung ist auch nach den früheren Versuchen der in einem diamagnetischen oder schwachmagnetischen Medium inducirte Magnetismus den magnetisirenden Kräften proportional, so daß man kurz sagen kann, es sei für diese Körper die Drehung auf jedem Wegelement proportional der nach demselben geschätzten Componente des magnetischen Moments an dem betreffenden Ort.

Für Eisen, Kobalt und Nickel ist aber der inducirte Mag-

netismus nicht proportional der magnetisirenden Kraft, sondern er wächst beim Eisen mit wachsender magnetisirender Kraft anfangs schneller als diese, dann aber langsamer und erreicht schließlich ein Maximum, worauf er bei weiterem Anwachsen der Kraft constant bleibt. Ebenso haben die Versuche auch gezeigt, daß die Drehung nicht der magnetisirenden Kraft proportional blieb, sondern mit dem Wachsen derselben einen Grenzwert erreicht, der nicht überschritten wurde.

Verliert so der Begriff der specifischen Drehung, ebenso wie auch die Verdet'sche Constante ihre Bedeutung, so liegt es nahe, die Maximaldrehung für die Längeneinheit der durchstrahlten Schicht als eine neue magneto-optische Constante einzuführen, vorausgesetzt, daß sich bei verschieden dicken Schichten die Maximaldrehung proportional der Dicke ergibt. Die Versuche, welche Kundt, zunächst allerdings nur mit Eisen, angestellt hat, haben nun in der That die Richtigkeit dieser Voraussetzung ergeben und gezeigt, daß die Drehung in einem Centimeter Eisen, das bis zum Maximum magnetisirt ist, im Maximum in runder Zahl 200000° , also in einer Schicht von 0.01 mm Dicke gegen 200° beträgt. Dieses Drehungsmaximum wurde erreicht in einem Felde von ungefähr $20000 \text{ cm}^{-1/2} \text{ gr}^{1/2} \text{ sec}^{-1}$

Wenn nun Eisen, Kobalt und Nickel selbst positiv drehen, so ist es natürlich unzulässig, das negative Drehvermögen einer Anzahl von Salzen magnetischer Metalle zu erklären durch eine negative Drehung der in ihnen enthaltenen magnetischen Atome. Der früher vermuthete Gegensatz zwischen magnetischen und diamagnetischen Körpern bezüglich der Richtung der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes im magnetischen Felde besteht überhaupt gar nicht. Es ist aber von Kundt auf eine Thatsache hingewiesen worden, welche vielleicht später zum Ausgangspunkt für die Erklärung der negativen magnetischen Drehung der Polarisationsebene in einigen Salzen dienen kann: nämlich alle bisher untersuchten chemisch einfachen Körper, mögen sie stark magnetisch oder stark diamagnetisch sein, zeigen positive elektro-magnetische Rotation; negative Drehung ist nur bei chemisch zusammengesetzten Körpern beobachtet worden. Eine positive Drehung ist constatirt bei Eisen, Ko-

balt, Nickel, Brom, Selen, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff (Diamant), Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff; für die anderen Elemente ist der Sinn der Drehung nicht ermittelt, wird sich auch bei vielen wegen ihrer Undurchsichtigkeit schwer experimentell feststellen lassen. In der obigen Reihe befinden sich aber sowohl die stärksten magnetischen Elemente (Eisen, Kobalt und Nickel), als die stärksten diamagnetischen (Schwefel und Selen). Eigenthümlich ist es nun aber immerhin, daß nur solche Salze eine negative Drehung zeigen, in denen Atome stark magnetischer Elemente enthalten sind, wie z. B. Eisensalze, und es liegt daher immer die Vermuthung nahe, daß diese Atome das Bedingende für die negative Drehung sind. „Solange wir aber durchaus keine Kenntniß davon haben, wie eine magnetisirende Kraft auf die einzelnen Atome eines Molecüles wirkt, wie die Atome im Molecül sich gegenseitig magnetisch beeinflussen, wird auch nichts Bestimmtes über die Abhängigkeit der Drehung der Polarisationsebene von der Zusammensetzung der Körper ausgesagt werden können.“

Kundt beschäftigt sich in den erwähnten beiden Mittheilungen noch mit einer anderen Erscheinung. Kerr hat nämlich in den siebziger Jahren gefunden, daß die Polarisationsebene des Lichtes, welches von der spiegelnden Fläche eines Magnetes normal reflectirt wird, eine Drehung im negativen Sinne, also der Richtung des magnetisirenden Stromes und der Ampère'schen Ströme entgegengesetzt erleidet, und anfang der achtziger Jahre hat Hall dieselbe Erscheinung auch bei der Reflexion von Kobalt oder Nickel beobachtet, wenn diese Metalle den Pol eines Magneten bilden. Diese Versuche sind von Kundt wiederholt worden. Er bediente sich dazu ebenfalls des Ruhmkorff'schen Elektromagneten. Der vom Beobachter abgewandte durchbohrte Pol war aber durch einen massiven ersetzt. Durch Reflexion an einer um 45° zur Achse der Pole geneigten Glasplatte wurde Licht durch den durchbohrten Schenkel des Elektromagneten geschickt, an der zwischen den Polen aufgestellten Metallplatte reflectirt, ging dann durch die Glasplatte und gelangte darauf in den analysirenden Nicol. Benutzt wurden galvanoplastisch auf platinirtem Glas niedergeschlagene Eisen-, Kobalt- und Nickelschichten, wie bei den anderen Versuchen.

Kundt fand nun für senkrechte Reflexion die Ergebnisse von Kerr und Hall vollkommen bestätigt. Ganz ähnlich wie beim Durchgange des Lichtes war auch bei der Reflexion die Drehung beim Nickel nur etwa halb so groß als beim Eisen und Kobalt.

Bersilberte oder verkupferte Eisenspiegel zeigten bei der Reflexion keine wahrnehmbare Drehung.

Weiter stellte Kundt noch Versuche über die Drehung der Polarisationsebene bei schiefer Reflexion des Lichtes von den Seiten- und Polflächen eines Magneten an, wobei die Erscheinungen complicirter sind. Gelang es auch nicht, mit Sicherheit eine Erklärung für dieselben zu geben, so wurde doch ein einheitlicher Ausdruck für dieselben gefunden.

Endlich macht Kundt noch aufmerksam auf die unregelmäßige Dispersion, die bei der magnetischen Drehung der Polarisationsebene stattfindet, sowohl beim Durchgang durch dünne Schichten von Eisen, Kobalt oder Nickel.

Die bekannten Thatsachen über die elektromagnetische Drehung der Polarisationsebene findet man am Schlusse der ersten der beiden citirten Berichte in folgenden Sätzen zusammengestellt, wobei eine Drehung als positiv oder negativ bezeichnet wird, je nachdem sie in Richtung der Ampère'schen Molecularströme oder in der entgegengesetzten erfolgt:

1) Die meisten isotropen festen Körper, Flüssigkeiten und bisher untersuchten Gase drehen die Polarisationsebene im positiven Sinne.

2) Stark concentrirte Eisenchloridlösung dreht negativ. Die negative Drehung anderer magnetischer Salze giebt sich zu erkennen durch Verminderung der positiven Drehung des Lösungsmittels.

3) Sauerstoff, welcher verhältnißmäßig stark magnetisch ist, dreht, wie Röntgen und Kundt nachgewiesen haben, positiv.

4) Die Polarisationsebene von Licht, welches durch Eisen, Kobalt oder Nickel hindurchgeht, wird positiv gedreht.

5) Bei senkrechter Reflexion von einem Magnetpol tritt nach Kerr negative Drehung auf. Das Gleiche gilt für Kobalt und Nickel.

6) Beim Durchgange wie bei der Reflexion von Eisen ist

die Rotationsdispersion anomal, d. h. rothe Strahlen werden stärker gedreht als blaue.

7) Die complicirten Erscheinungen bei schiefer Reflexion von der Polfläche oder den Seitenflächen eines Magneten lassen sich nach Kundt in der Weise zusammenfassen, daß man annimmt, das Licht durchlaufe bei der Reflexion eine dünne Schicht des Metalls, und es finde in dieser Schicht negative Drehung statt.

Bei all den zahlreichen Untersuchungen, die man seit Faraday's Entdeckung bezüglich der Wirkung elektromagnetischer Kräfte auf das Licht durchgeföhrt hat, hat man sich durchweg auf polarisirtes Licht beschränkt. Die Frage, ob jene Kräfte auf unpolarisirtes, natürliches Licht eine Wirkung äußern, ist höchstens nebenher gestreift, nicht aber beantwortet worden. Neuerdings ist es aber Lommel gelungen, zu zeigen, daß elektromagnetische Kräfte auf natürliches Licht in entsprechender Weise wie auf polarisirtes drehend einwirken.¹⁾

Er kam auf die betreffenden Versuche durch folgenden Gedankengang. Zwei aus derselben Quelle stammende geradlinig polarisirte Lichtstrahlen, welche unter hinreichend spitzem Winkel zusammentreffen, interferiren auf das Vollkommenste, wenn sie parallel polarisirt sind; dagegen gar nicht, wenn sie senkrecht zueinander polarisirt sind. Da nun natürliche, aus derselben Quelle stammende Lichtstrahlen sich bezüglich der Interferenz wie parallel polarisirte verhalten, so scheint zu folgen, daß auch bei ihnen die beiden zusammentreffenden Strahlen das ergriffene Theilchen in jedem Moment wenigstens nahezu längs derselben Geraden antreiben. Man faßt auch das natürliche Licht als solches auf, dessen Polarisationsebene in sehr kurzer Zeit alle möglichen Stellungen durchläuft. Zwei natürliche Lichtstrahlen müssen hiernach ihre Interferenzfähigkeit verlieren, wenn es gelingt, durch elektromagnetische Kräfte die Schwingungsrichtung des einen um 90° gegen die des anderen zu drehen, so daß sie sich wie zwei senkrecht zu einander polarisirte verhalten. Auf einen ähnlichen Gedanken ist schon vor einer längeren Reihe von Jahren Abbe bei Gelegenheit seiner Untersuchungen über die Abbildung nicht leuchtender Körper im

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 203.

Mikroskop gekommen; nur dachte derselbe nicht an eine elektromagnetische, sondern an die manchen Körpern, wie dem Quarz, natürliche Drehung der Polarisationsebene. Abbe beobachtete nämlich, daß, wenn man in den Gang des einen von zwei interferirenden Strahlenbündeln einen rechts drehenden, in den Gang des anderen Bündels aber einen links drehenden Quarz einschaltet, und zwar von 1.88 mm Dicke, wodurch die Polarisationsebene des mittleren Spectralgelb um ungefähr 45° bei dem einen nach rechts, bei dem anderen nach links gedreht wird, die Interferenzstreifen verschwinden, und zwar nicht bloß bei Anwendung von polarisirtem, sondern auch beim natürlichen Licht. Als man aber die beiden Quarzplatten durch ein paar andere von doppelter Dicke ersetzte, welche also jedes Bündel um 90° drehten, so daß die Schwingungen wieder in derselben Ebene erfolgten, so traten wieder Interferenzstreifen auf.

Durch diese Abbe'sche Beobachtung kam Lommel zunächst auf den folgenden Interferenzversuch mit natürlichem Licht. Wenn Licht, das von einer spaltförmigen Lichtquelle ausgegangen, durch zwei einander nahe, parallele Spalte eines undurchsichtigen Schirmes geht, so besteht die hinter dem Schirme mit einer Lupe direct aufzufangende Interferenzerscheinung bei Anwendung homogenen Lichtes aus einer Reihe heller und dunkler Parallelstreifen, und zwar liegt in der Mitte ein heller Streifen, weil die hier interferirenden Strahlen gleiche Wege in demselben Medium zurückgelegt haben. Setzt man aber vor die Spalte ein paar entgegengesetzt drehende Quarzplatten, so daß das eine Bündel um 90° nach rechts, das andere um ebensoviel nach links gedreht wird, so zeigen sich wieder Interferenzerscheinungen, aber in der Mitte ist diesmal ein schwarzer Streifen, weil die hier interferirenden Strahlen infolge der Drehung entgegengesetzte Phase besitzen und sich daher vernichten.

Um nun die elektromagnetische Drehung des natürlichen Lichtes nachzuweisen, schaltete Lommel in den Weg der beiden Lichtbündel außer den Quarzplatten noch 142.5 mm lange Stäbe von sogenanntem Faraday'schen Glase ein, in Wirklichkeit reines Bleisilicat ohne Bor mit einem Brechungs exponent von 1.72 für Natriumgelb. Diese Glasstäbe wurden in Drahtrollen gesteckt, deren jede in sieben Lagen zusammen etwa 400 Windungen eines 2 mm dicken asphaltirten Kupferdrahtes trug;

eine Schuckert'sche Compound-Dynamomaschine lieferte einen elektrischen Strom von etwa 20 Ampère. Wurde dieser Strom durch eine Rolle geschickt, so erlitt die Polarisationsebene eines durch den betreffenden Glasstab gehenden geradlinig polarisirten Strahles eine Drehung von ungefähr $9 \cdot 2^{\circ}$.

Lommel stellte nun seine Versuche so an, daß er die beiden zur Interferenz bestimmten Lichtbündel durch entgegengesetzt drehende Quarzplatten von 1.88 mm Dicke sandte, welche keine Interferenzerscheinung gaben; sobald aber der elektrische Strom in entgegengesetzten Richtungen durch beide die Glasstäbe umgebenden Rollen gesandt wurde, traten im Momente des Stromschlusses deutliche Interferenzstreifen auf.

Damit ist nicht nur bewiesen, daß der Strom drehend auf das natürliche Licht wirkt, sondern es hat auch die oben erwähnte Ansicht vom Wesen des natürlichen Lichtes im Vergleich zum polarisirten eine Bestätigung erhalten.

Magnetisches Verhalten des Quarzes. — Schon frühzeitig ist das eigenthümliche Verhalten aufgefallen, welches der Bergkrystall im magnetischen Felde zwischen den Polspitzen kräftiger Elektromagnete zeigt. Als Plücker 1847 zuerst den Bergkrystall untersuchte, stellte er sich äquatorial, wie ein diamagnetischer Körper, etwa wie Doppelspath; seine optische Achse wurde von den Magnetpolen abgestoßen, nur schwächer als beim Doppelspath. Bei einer späteren Untersuchung (1849) stellte sich dagegen die optische Achse des Krystalles axial, d. h. in die Verbindungslinien der Polspitzen. Dies war nun im Einklang mit der allgemeinen Ansicht, die sich Plücker über das Verhalten krystallinischer Körper im magnetischen Felde gebildet hatte. Derselbe dachte sich nämlich, daß zu den magnetischen und diamagnetischen Kräften noch andere, von diesen ganz unabhängige hinzutreten, welche sich bei den optisch negativen Krystallen durch Abstoßung der optischen Achse durch die Magnetpole äußern, bei den optisch positiven aber, zu denen auch der Quarz gehört, durch Anziehung. Das durchaus negative Resultat einer abermaligen sorgfältigen Untersuchung (1850) faßte Plücker in die Worte zusammen: „Keiner Bergkrystall zeigt selbst bei Anwendung von 10 Grove'schen Elementen keine Wirkung.“ Als Ursache dieses widersprechenden Verhaltens betrachtet Plücker die kleinen, beim Bearbeiten der Krystalle mit dem Hammer haften

gebliebenen Eisentheilchen. Als um dieselbe Zeit (1850) Knoblauch und Tyndall ebenfalls den Bergkrystall bezüglich seines Verhaltens zwischen kräftigen Magnetpolen untersuchten, erhielten sie anfangs bei verschiedenen Exemplaren die widersprechendsten Resultate. „Als aber die Reinheit und Aufhängung der Krystalle mit der äußersten Sorgfalt ausgeführt wurde, ergab sich bei zehn Versuchen ein übereinstimmendes Verhalten, nämlich das Bestreben, sich mit der Achse von den Polen abzuwenden. Dabei war ihre Dimension längs der Achse absichtlich verkürzt worden, so daß die äußere Form der Krystalle, bei der diamagnetischen Eigenschaft ihrer Substanz, jene Wirkung nicht hervorgebracht haben konnte.“

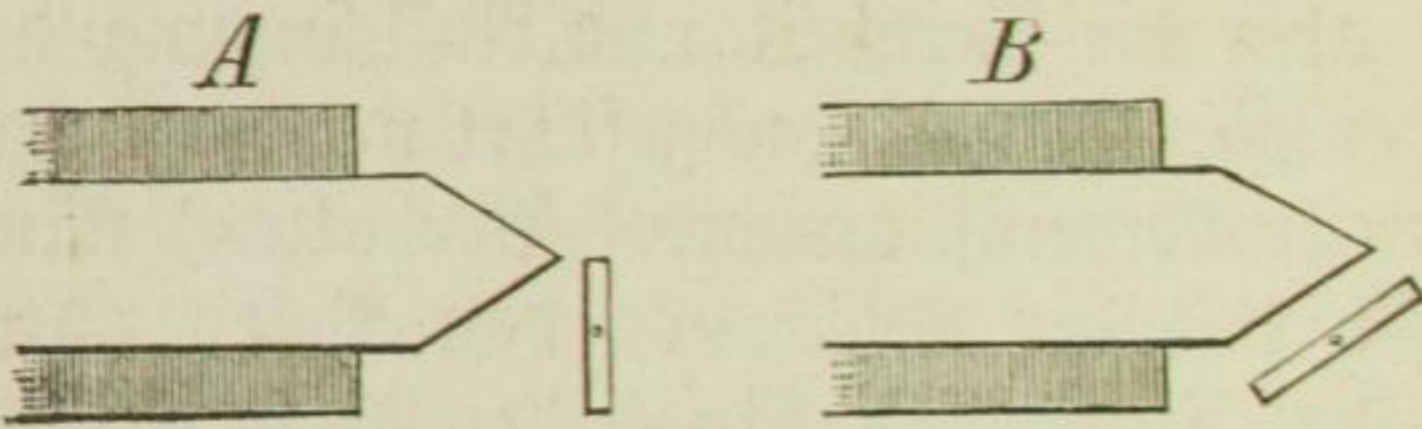
Neuerdings hat nun Tumlirz in Prag Versuche in gleicher Richtung angestellt, die höchst merkwürdige Ergebnisse geliefert haben.¹⁾ Es hat sich nämlich herausgestellt, daß der Bergkrystall eine dauernde Polarität annehmen kann, welche Eigenschaft bis dahin noch an keinem diamagnetischen Körper beobachtet worden ist. Tumlirz verwendete zu seinen Versuchen zwei senkrecht zur optischen Achse geschnittene Bergkrystallplatten, eine rechtsdrehende und eine linksdrehende, von 4 mm Dicke; die Länge der Nebenachse betrug ungefähr 25 mm. Nachdem dieselben mechanisch und mit Alkohol gereinigt worden waren und ungefähr 30 Stunden lang in verdünnter Salzsäure gelegen hatten, wurden sie an Coconfäden mittels Schleifen und Knoten befestigt.

Zunächst wurde die rechtsdrehende Platte auf 1—2 mm einem einzelnen Pol genähert, wobei die Richtung des Aufhängefadens in eine Nebenachse fiel, die Hauptachse und eine Zwischenachse aber horizontal lagen. Die Spulen des Elektromagnets bestanden aus 4 mm starkem Kupferdraht, der um die cylindrischen, 32 cm hohen und 6.3 cm dicken Eisenkerne mit ungefähr 200 Windungen in 4 Lagen gewickelt war und bei Hintereinanderschaltung der Spulen einen Widerstand von 0.173 Ohm ergab. Als Stromquelle diente eine Kette von 6 kleinen Daniell, je drei neben einander geschaltet. Bei Schließung des Stroms wurde nun der der Polspitze zunächst lie-

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 133. Sitzungsber. der k. k. Akad. d. W. II. Abth. Bd. 91 (5. Juni 1885).

gende Theil der Platte abgestoßen und diese stellte sich in die in der Figur 15 bei B angedeutete Gleichgewichtslage. Nach

Fig. 15.



Unterbrechung des Stromes führte die Platte um ihre frühere Gleichgewichtstellung A Schwingungen aus, wobei sie an der Polspitze an-

stieß. Als man aber den Strom, wenn die Platte der Spitze auf $\frac{1}{2}$ mm nahe gekommen war, plötzlich schloß, wurde nicht bloß die Bewegung gehemmt, sondern die Platte deutlich zurückgestoßen.

Dieselbe Erscheinung zeigte auch die links drehende Quarzplatte, und es war auch gleichgültig, in welcher Richtung der Strom den Magnetkern umlief, ob also der Magnetpol ein Nord- oder Südpol war.

Zwischen den beiden Polspitzen eines Elektromagneten stellte sich die Quarzplatte weder axial noch äquatorial, sondern schloß mit der Verbindungslinie der Spitzen einen Winkel von etwa 20° ein. Beim Wechsel des Stromes verließ sie diese Lage, um in die dazu symmetrische Lage überzugehen. Tumlirz wiederholte diesen Versuch, der unmittelbar nach dem ersten an- gestellt wurde, zehn bis zwölfmal hinter einander immer mit demselben Erfolg.

Dieses Verhalten des Bergkrystalls trat noch besser in einem homogenen magnetischen Felde von 6 cm Breite, 11 cm Höhe und 2.7—4 cm Tiefe hervor. Die bifilar aufgehängte Platte wurde dabei zunächst axial (Hauptachse äquatorial) gestellt; bei Schließung des Stromes strebte sie einer Gleichgewichtslage zu, bei welcher die Hauptachse mit der axialen Richtung einen Winkel von ungefähr 60° einschloß; wurde die Stromrichtung gewechselt, so stellte sich eine zur vorigen symmetrische Gleichgewichtslage her.

Es kann diese Erscheinung nicht in der krystallinischen Struktur der Substanz allein begründet sein, denn dann wäre nicht abzusehen, warum die Gleichgewichtslage bei Aenderung der Stromrichtung in die symmetrische Lage übergeht; die Ur-

sache kann nur eine dauernde Polarität sein, und zwar nicht eine ursprüngliche, dem Quarz eigenthümliche, sondern eine unter dem Einfluß der magnetischen Kräfte erworbene.

Als Tumliroz den Quarz zufällig mehrere Tage hindurch frei von seiner Eisenumgebung hatte hängen lassen, erwies sich bei der Untersuchung im homogenen Felde seine Polarität winzig klein, seine Hauptachse stellte sich fast äquatorial.

Wenn wirklich die dauernde Polarität eine Folge der vorhergehenden Magnetisirung ist, so muß man aus der Art der letzteren den Erfolg voraus bestimmen können. Um dies zu prüfen, wurde die Quarzplatte in die äquatoriale Lage (Hauptachse axial) gebracht, die Eisencylinder wurden hart an die Platte herangerückt, und der Strom der 6 Daniells um die Eisenkerne geleitet. Die Platte wurde so in Richtung der optischen Achse polarisirt. „Behält sie die Polarität nach Unterbrechung des Stromes bei, so muß sie sich, in dem . . . homogenen Felde axial (Hauptachse äquatorial) aufgehängt, so verhalten wie eine äquatorialhängende Magnetnadel, und zwar in einer durch die Art der Polarisation genau vorauszu sehenden Weise. Nennen wir diejenige Fläche der Quarzplatte, welche bei der Magnetisirung dem Nordpol gegenüberlag, A, die andere dagegen B, dann müßte, wenn die Polarität im Quarz zufolge der diamagnetischen Beschaffenheit der Substanz die entgegengesetzte von jener in einem diamagnetischen Körper wäre, die Fläche A vom Nordpol abgestoßen und vom Südpol angezogen werden und bezüglich B das Umgekehrte gelten. Der Versuch zeigte aber das gerade Gegentheil; die Drehung erfolgte in der Weise, wie wenn der Quarz magnetisch wäre, und dies sowohl bei der einen, wie bei der anderen Stromrichtung.“ Wurde die Platte in entgegengesetzter Richtung magnetisirt, so kehrte sich auch die Erscheinung entsprechend um.

Die weitere Untersuchung ergab, daß sowohl die rechtsdrehende als die linksdrehende Quarzplatte nicht nur in der Hauptachse, sondern auch in allen dazu senkrechten Richtungen eine dauernde Polarität annehmen konnte.

Freilich liegt in der allgemeinen Verbreitung des Eisens ein Umstand, der zur Vorsicht bei allen derartigen Versuchen

mahnt. Wie noch neuerdings Friedr. und Wilh. Kohlrausch bei Gelegenheit des Berichtes über die von ihnen durchgeführte Bestimmung des elektrochemischen Aequivalentes des Silbers betont haben¹⁾, liegt insolge des häufigen Vorkommens von Eisen, wenn auch in kleinsten Mengen, fast überall die Gefahr vor, daß Körper magnetisch oder wenigstens magnetisch erregbar sind. Dieselben fanden manche Messingschraubchen so stark magnetisch, daß sie an einem Magnet haften blieben, während andere Messingstücke sich merklich unmagnetisch, wohl gar schwach diamagnetisch erwiesen. Elektrolytisches Kupfer äußerte meist nur eine sehr schwache Wirkung, die nach Umständen eine Spur Magnetismus oder Diamagnetismus bedeutete; doch zeigten sich nach der Verarbeitung auch stärkere Wirkungen. Von anderen Gegenständen, die Magnetismus zeigten, werden Bekleidungsgegenstände, z. B. Halsbinden und Knöpfe, desgleichen moderne Notizbücher erwähnt; auch Papierwaaren erwiesen sich magnetisch, während Papier und Holz im Allgemeinen harmloser Natur sind. Elfenbein, Horn, in geringem Grade wohl auch Holz, in stärkerem Marmor, zeigten sich in der Regel schwach diamagnetisch.

Nach diesen der reinen Wissenschaft angehörigen Mittheilungen lenken wir die Aufmerksamkeit noch auf einige praktische Anwendungen der Elektrizität und des Magnetismus.

Telegraphie. — Von großem Interesse sind die Versuche, welche man in Amerika angestellt hat, um eine telegraphische Verbindung zwischen einem fahrenden Eisenbahnzuge und den Stationen herzustellen.

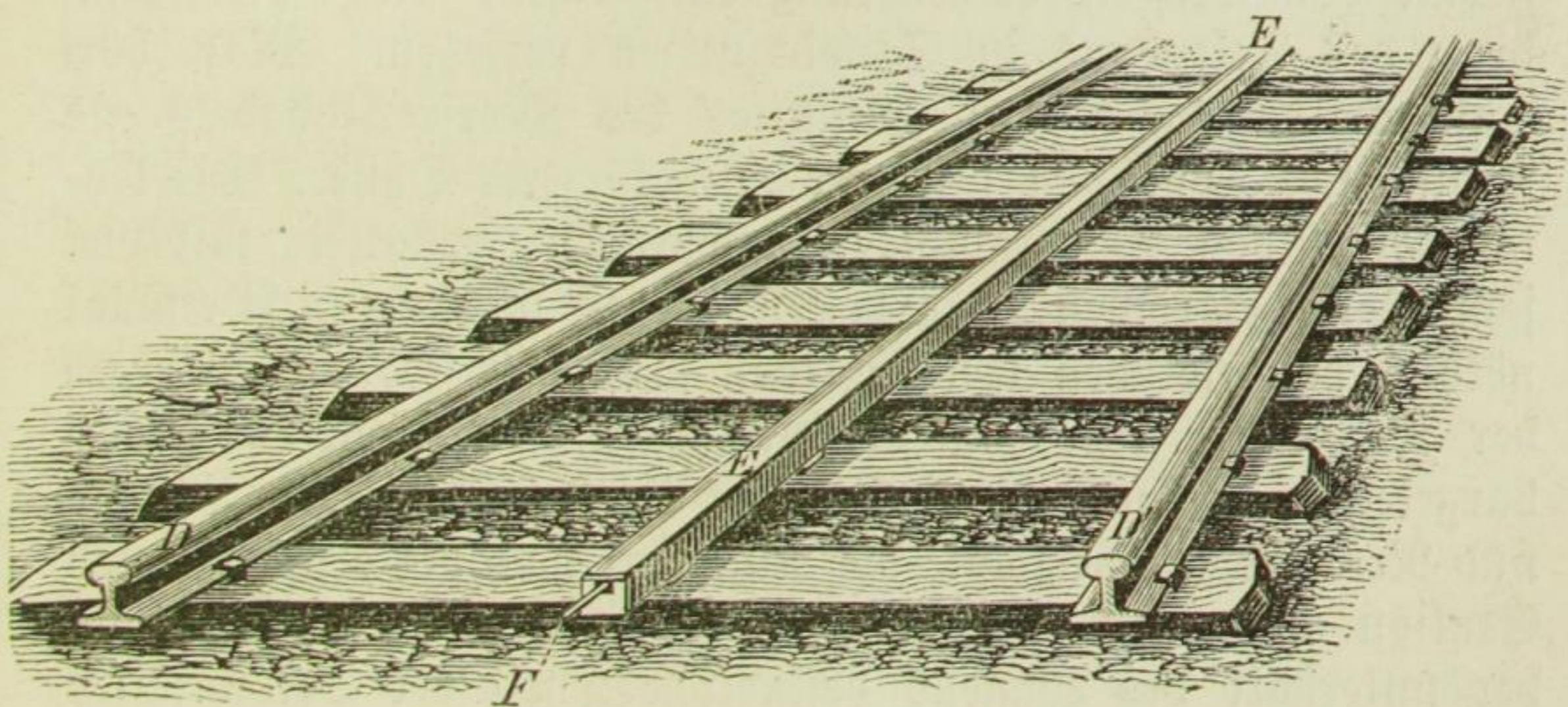
Das eine hierzu dienende Verfahren, welches von Lucius Q. Phelps herrührt²⁾, macht keine leitende Verbindung zwischen dem Zuge und den Stationen nöthig, sondern bedient sich zur Uebermittlung der telegraphischen Zeichen der Induction, d. h. der Eigenschaft, daß ein elektrischer Strom bei seinem

1) Wiedemann's Ann. Bd. 27, S. 9.

2) Elektrotechn. Zeitschrift Jahrg. 1885, S. 217; Jahrg. 1886, S. 42 u. 85. Außerdem ist benutzt worden der amtliche Bericht, den eine besondere Commission des Franklin-Institut über Versuche erstattet hat, die mit dem Phelps'schen System am 28. Sept. 1885 auf der 12 engl. Meilen (20 km) langen Strecke des Harlem River-Zweiges der New York-New Haven und Hartford-Eisenbahn zwischen Harlem und New Rochelle angestellt worden sind.

Eintritt und bei seiner Unterbrechung auch in einem benachbarten Leitungsdrahte einen momentanen Strom hervorruft, der im ersten Falle von entgegengesetzter, im zweiten von gleicher Richtung ist wie der inducirende Strom. Phelps wendet bei seinen Inductions-Telegraph zwei getrennte Stromkreise an, von denen der eine von Station zu Station läuft, der andere aber bloß auf einem Wagen des Zuges verläuft, aber so nahe an den ersteren herankommt, daß eine wirksame Induction möglich ist. Der von Station zu Station laufende Leiter besteht auf der Versuchsstrecke zwischen Harlem und New Rochelle aus einem isolirten Kupferdraht Nr. 12, F in Fig. 16, der in eine zwischen

Fig. 16.



den Schienen auf den Querschwellen mit Unterlagen angebrachte, mit einem Deckel von $\frac{1}{2}$ Zoll (1.25 cm) Stärke geschlossene, hölzerne Rinne von quadratischem Querschnitt mit 3 Zoll (7.6 cm) Seite, an Kreuzungspunkten und Niveauübergängen aber in ein Gasrohr eingeschlossen ist. Den Stromkreis auf dem Wagen bildet ein isolirter Kupferdraht Nr. 14, welcher in 90 Windungen auf einen Rahmen gewickelt ist. Der untere, über die ganze Wagenlänge verlaufende Theil der Windungen ist in einer unterhalb des Wagens aufgehängten, etwa 5 cm weiten Gasröhre eingeschlossen, parallel zu dem zwischen den Schienen liegenden Leitungsdraht und 17 bis 20 cm von demselben entfernt; der obere Theil der Windungen ist über dem Dache des Wagens oberhalb der Fenster aufgehängt. Die Windungen haben eine Gesammtlänge von etwa 2500 m.

Jeder durch die Linienleitung gesandte Strom erzeugt nun in den Windungen auf dem Wagen einen Inductionsstrom, welcher mittels eines sehr empfindlichen Relais den Localstrom eines Morseklopfers schließt, der das Telegramm hörbar wiedergiebt. Noch zweckmäßiger ist es aber, sich eines Telephons zum Empfang des Telegrammes zu bedienen. In diesem Falle ist kein Relais nöthig; der Absender schließt und unterbricht aber dann nicht mit dem Schlüssel seines Apparates einfach den Batteriestrom, sondern beim Niederdrücken setzt er einen Vibrator in Thätigkeit, einen Apparat, welcher rasch hintereinander abwechselnd positive und negative Ströme durch die Leitung sendet, denen rasch auf einander folgende Inductionsströme von wechselnder Richtung entsprechen, welche die Membran des Telephons in Schwingungen versetzen. Man hört dann die „Striche“ und „Punkte“ des Morse-Alphabets als musikalische Töne von längerer oder kürzerer Dauer. Die letztere Art, das Telegramm zu empfangen, gestattet, mit viel schwächeren Strömen zu arbeiten; ja es ist dann nicht einmal nöthig, daß zwischen den Schienen des Geleises, auf welchem der Zug läuft, eine Linienleitung liegt, wenn nur das Nachbargeleis eine solche hat. Bei den Versuchen zwischen Harlem und New Rochelle erfolgte die Rückfahrt nach der erstgenannten Station auf einem Geleise ohne Linienleitung; aber obwohl der unterhalb des Wagens befindliche Theil des Stromkreises von dem Leitungsdraht zwischen den beiden Schienen des Nachbargeleises um 10 Fuß 11 Zoll (3.4 m) entfernt war, so konnten doch auf dem Wagen die von Harlem abgesandten Telegramme mit dem Telephon vollkommen deutlich, natürlich viel schwächer als früher, wahrgenommen werden. Bei diesen Versuchen wurde auf dem Wagen eine Batterie von 12 modificirten Bunsen'schen Elementen, in Harlem aber eine solche von 150 Elementen aufgestellt. Man begreift daher, daß der verhältnißmäßig schwache Strom des fahrenden Stromkreises eine weit geringere Wirkung auf die so entfernte Linienleitung ausübte als umgekehrt; gleichwohl waren in Harlem die von dem Wagen gesandten Telegramme noch in dem Telephon verständlich, wenn auch mit größerer Mühe. Der Morseklopfer würde in diesem Falle weder auf dem Wagen, noch auf der Station in Thätigkeit versetzt worden sein. War doch selbst auf der

Fahrt nach New Rochelle (wo sich kein Apparat befand, sondern der Strom in die Erde ging), also bei einer Entfernung von nur 20 cm zwischen beiden Stromkreisen, der in der Linienleitung inducirte Strom so schwach, daß der Beobachter in Harlem die Telegramme vom Wagen nur mit dem Telephon wahrnahm. Es mag noch bemerkt werden, daß bei der Rückfahrt nach Harlem der obere Theil des auf dem Wagen befindlichen Stromkreises auf der vom Nachbargeleis abgewandten Seite des Wagens sich befand, weil sonst der obere und der untere Theil ungefähr gleichweit von der Linienleitung des Nachbargeleises entfernt gewesen wären und die Inductionsströme sich aufgehoben hätten.

Die Anlage auf der Strecke Harlem-New Rochelle war ursprünglich möglichst vollkommen hergestellt worden, da von vielen Seiten Zweifel an der Möglichkeit der geplanten telegraphischen Verbindung laut geworden waren. Die englische Meile (1.6 km) kam damals auf ungefähr 300 Dollar (gegen 1300 Mark) zu stehen. Später hat es sich aber gezeigt, daß man die Kosten auf den sechsten Theil zu reduciren vermag. Man wird in Zukunft nicht mehr Kupferdraht, sondern gewöhnlichen Telegraphendraht zur Leitung des Stromes längs der Linie verwenden. Derselbe wird auch nicht mehr in eine Holzrinne eingeschlossen und darin isolirt, sondern in je 25 Fuß (7.5 m) Entfernung auf besonderen Isolatoren an den Verbindungsflaschen der Schienen etwa 3 Zoll (75 mm) nach außen und gerade unter die Schienenfläche gelegt werden. Die Drahtrolle auf dem Wagen kommt auf die Außenseite der Räder zu liegen, so daß der Strom auf der einen Seite vorwärts, auf der anderen rückwärts geht und jede Seite des Wagens der Linienleitung zugekehrt werden kann.

Die günstigen Erfolge dieses Phelps'schen Systemes sind, wie es scheint, für Edison und Gilliland Veranlassung gewesen zu einem Vorschlage, der den telegraphischen Verkehr einer Station mit einem fahrenden Zuge mit noch weniger Kostenaufwand in Aussicht stellt. Dieses System würde nämlich gar keinen besonderen Leitungsdraht längs der Linie erfordern, sondern es soll die Gesammttheit der ohnehin längs der Bahn laufenden Telegraphendrähte benutzt werden. Diese Drähte, die mit ihren Enden an Erde gelegt sind, lassen

sich nämlich als die eine Belegung eines sehr großen Condensators auffassen, und Edison und Gilliland wollen nun eine entsprechende, möglichst große Belegung an dem Zuge herstellen, so daß die zwischen dem fahrenden Zuge und den Telegraphendrähten befindliche Luftschicht den Nichtleiter des Condensators bilden würde. Zu dem Zwecke soll längs der Seitenwand eines jeden Wagens ein durch untergelegte Ebonitplatten isolirter Kupferblechstreifen angebracht werden, und bei der Zusammenstellung des Zuges würden dann die einzelnen Wagen durch biegsame Leiter mit einander zu verbinden sein. In die Ableitung zur Erde werden die auf dem Wagen befindlichen Apparate zum Geben und Empfangen der Telegramme untergebracht. Auf den Bahnstationen sind ganz ähnliche Apparate aufgestellt; ihre Verbindung mit den verschiedenen Telegraphenleitungen erfolgt durch besondere Condensatoren, von deren zweiten Belegen ebenso wie von dem Kupferstreifen auf dem Wagen ein Draht durch die sekundären Windungen einer Inductionswinde nach einem Telephon und von da zur Erde führt, letzteres auf dem Wagen mit Benutzung der Räder und Schienen. Die primären Windungen der Inductionswinde sind in einem localen Stromkreis eingeschalten. Mittels eines Unterbrechungsrades wird dann durch die primären Windungen des Inductors eine rasche Folge gleichgerichteter kurzer Ströme gesandt, die in den secundären Windungen ebensolche Wechselströme erregen, welche durch die Leitung weiter gehen und durch die von ihnen inducirten Ströme auf das Telephon auf dem Wagen, beziehentlich auf der Station wirken.

Bis jetzt verlautet noch nichts über eine praktische Ausführung dieser Idee; bei der ungemainen Empfindlichkeit des Telephons erscheint es aber ungerechtfertigt, von vornherein an der Möglichkeit ihrer Verwirklichung zu zweifeln.

Auch in der Weise hat man die telegraphische Verbindung zwischen einem fahrenden Eisenbahnzug und der Station herzustellen versucht, daß man durch eine besondere am Zuge angebrachte Contactvorrichtung die auf demselben befindlichen Apparate in leitende Verbindung mit der längs der Bahn hinlaufenden Leitung brachte. Mit einem solchen Vorschlage sind schon 1841 Bain und Wright in England aufgetreten, sowie später du Moncel (1854), Bonelli (1855) und v. Konne-

burg (1875).¹⁾ Ueber eine Telephonlinie, die nach einem derartigen Princip längs der schmalspurigen Eisenbahnstrecke zwischen Paw Paw in Michigan und Lawton errichtet wurde, bringt die Oesterreichische Eisenbahnzeitung, 1885, S. 774, einen Bericht²⁾, aus dem ersichtlich, daß die Verbindung hergestellt wird durch einen beweglichen Eisenstab, welcher an einem Ständer auf dem Schuttdach der Locomotive angebracht ist und der sich auf die neben dem Geleise angebrachte Drahtleitung auslegt. Durch ein Paar Federn wird dieser Gleitstab immer in rechtwinkliger Richtung zu der Drahtleitung gehalten, und gleichzeitig ist sein Gewicht so ausgeglichen, daß die Drahtleitung nur mit einem Gewicht von einigen Decagramm belastet ist. Selbst während des schnellsten Fahrens soll es möglich sein, vom Wagen aus mit den beiden Endstationen mit derselben Leichtigkeit zu sprechen, wie zwischen zwei festen Telegraphenstationen.

Beförderung von Lasten auf große Entfernung durch Elektricität.³⁾ — Am 17. October 1885 wurde auf dem Lord Hampden gehörigen Gute Glynde in der englischen Grafschaft Sussex eine 1 engl. Meile (1.61 km) lange sogenannte „Telpherlinie“ eröffnet, auf welcher ein von dem verstorbenen Professor Fleeming Jenkin erfundenes elektrisches Transportsystem verwirklicht ist, das derselbe mit dem Namen „Telpherage“ bezeichnet hat. Zweck desselben ist, irgend ein aus kleineren Stücken bestehendes Material, wie Sand, Thon, Erze u. s. w., in Körben oder Kästen an einem in gewisser Höhe über dem Boden an Tragpfosten angebrachten Metalldrahte mit einer Geschwindigkeit von etwa 8 km in der Stunde auf weitere Entfernungen hin zu befördern. Dem äußeren Aussehen nach gleicht die Anlage (s. Fig. 17) den Drahtseilbahnen, die man vielfach zu ähnlichem Zwecke angelegt hat; nur erhalten hier die einzelnen Tragkörbe durch das Drahtseil selbst ihre Bewegung, indem dasselbe an beiden Endstationen um Rollen gelegt ist, von denen die eine durch eine äußere

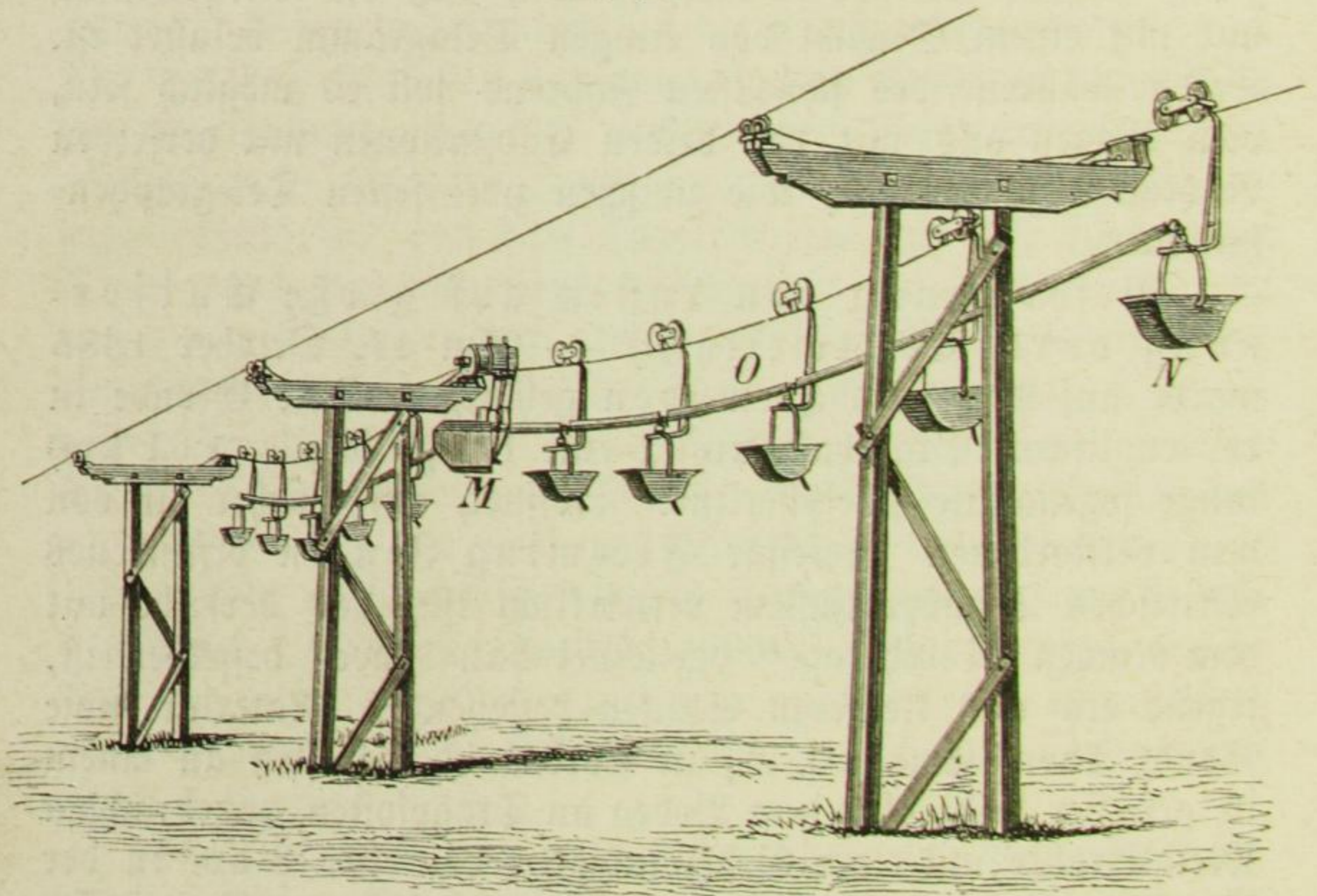
1) Zetzsche, Handbuch der Telegraphie, Bd. 4, S. 321, 790, 322 und 323.

2) Elektrotechn. Ztschr., 1886, S. 42.

3) Nature XXXIII, p. 12; Elektrotechnische Zeitschrift 1886, S. 249.

Kraft in Umdrehung gesetzt wird. Bei der Telpherage aber ist der Draht fest, und auf ihm läuft eine kleine elektrische Lokomotive, M in Fig. 17, welche vermittlest der die Tragkörbe N verbindenden, aus einzelnen von Korb zu Korb reichenden Theilen zusammengesetzten Kuppelstange O die eine Hälfte des Zuges schiebt, die andere zieht. Das Ganze ist also eine elektrische Eisenbahn mit nur einer Schiene. Als Jenkin auf den Gedanken gekommen war, eine solche Bahn zu construiren, mußte er anfangs nicht recht, wie er seine Idee verwirklichen sollte;

Fig. 17.



erst die Beschreibung der im Jahr 1882 von den Professoren Myrton und Perry in der Royal Institution ausgestellten elektrischen Eisenbahn brachte ihn auf den richtigen Weg, er trat mit den beiden Erfindern in Verbindung und diese Vereinigung gab später Anlaß zur Gründung der Londoner Telpherage-Gesellschaft. Nachdem zu Weston in Hartfordshire, auf einem Gute Pryor's, des Vorsitzenden der Gesellschaft, länger als zwei Jahre hindurch Versuche angestellt worden waren, verschrift man endlich zu Anfang vorigen Jahres zur Anlegung der Glynther Linie, welche bestimmt ist, Thonerde aus der Grube

nach der London-Brighton und South-Coast-Eisenbahn zu fördern, wo das Material durch einfaches Umkippen der Kästen in Eisenbahnwagen verladen und dann nach der Fabrik der Sussex-Portland-Cement-Gesellschaft geschafft wird. Da die Wiesen zwischen Grube und Bahn im Winter unter Wasser stehen, so erschien die Telpherage als das passendste und billigste Beförderungsmittel.

Zur Leitung des elektrischen Stromes und zugleich zur Aufhängung der Züge dient 19 mm dicker Bessemerstahldraht, welcher auf den Querstücken der in je 30 m Abstand aufgestellten Tragpfosten beiderseits ausliegt. Die Art des Stromlaufs ersieht man aus dem Diagramm Fig. 18. Die punktirten Stellen befinden sich, von einander isolirt, auf den Querstücken. Man sieht, daß in je zwei neben einander liegenden und ebenso in je zwei auf einander folgenden der Strom in entgegengesetzter Richtung (durch + und - angedeutet) läuft. Zwei solche neben einander laufende Leitungen können nun für zwei gleichzeitig sich bewegende Züge dienen. Die beiden Contacträder des Zuges L und T, beziehentlich L_1 und T_1 , sind von ihren Tragkörben isolirt, aber mit einander durch einen (in der Figur fehlenden) Kupferdraht metallisch verbunden, und da der Zug eine solche Länge hat, daß diese beiden Räder immer auf Liniensectionen mit entgegengesetzter Stromrichtung stehen, so geht ein Strom durch den Kupferdraht, welcher den Motor der Locomotive M in Thätigkeit setzt. Von diesem Motor wird die Bewegung durch Kettenräder auf die beiden Rollen übertragen, an denen die Locomotive am Leitungsdraht aufgehängt ist. In den Einschnitten dieser Rollen liegen Gummibänder, die sich allerdings stark abnutzen und bei nasser Witterung etwa aller 14 Tage erneuert werden müssen;

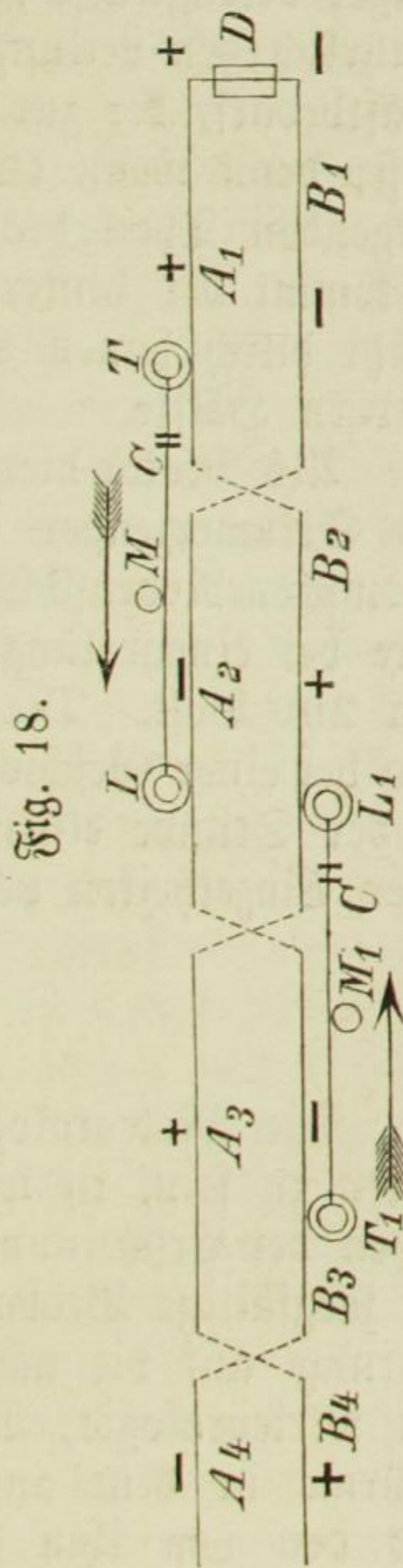


Fig. 18.

doch ist Gummi zweckmäßiger als Leder oder Metall. Das Gewicht der Locomotive beträgt nur 140 kg, was indessen ausreicht, die zur Fortbewegung nöthige Adhäsion an den Rollen Q zu erzeugen. Die zehn leeren Tragkörbe wiegen 430 kg, die Ladung beträgt 1400 kg Thon, das Gesamtgewicht eines Zuges beträgt also gegen 2000 kg. Dieses Gewicht durchbiegt natürlich den Leitungsdraht sehr stark, doch hat dies auf den Kraftbedarf, der zur Fortbewegung nothwendig ist, wenig Einfluß; denn wenn etwa der vordere Theil des Zuges im ansteigenden Theil des Drahtes zu einem Pfosten empor klimmt, so kommt der hintere Theil auf dem absteigenden herab und ersetzt durch seinen Schub den Mehrbedarf an Kraft auf der vordern Hälfte.

Als Motor dient in Glynde eine Keckenzaun'sche Dynamo, als Stromerzeuger eine nach Gramme'schen Typus gebaute Crompton-Nebenschlußmaschine mit einer Leistung von 24 Ampère bei einem längs der ganzen Linie herrschenden Potential von 200 Volt. Die Motoren empfangen bei diesem Potential und bei einer Geschwindigkeit des Zuges von $4\frac{1}{2}$ engl. Meilen in der Stunde einen Strom von 8 Ampère. Bezüglich weiterer Einzelheiten verweisen wir auf die citirten Quellen.

Meteorologie.

Die Meteorologie scheint gegenwärtig in ein Stadium getreten zu sein, in welchem die Forschung nach den letzten Ursachen der Erscheinungen etwas in den Hintergrund tritt gegen die sorgfältige Beobachtung der Thatsachen und ihre Zurückführung auf die nächsten Ursachen. Der Urvater der neueren Meteorologie, Dove, suchte die Ursache der Winde und Stürme in dem aufsteigendem Luftstrom der heißen Zone und den von ihm hervorgerufenen Störungen des Gleichgewichts in der Lufthülle unseres Planeten; er bemühte sich, den Wechsel in der Richtung und Stärke des Windes, sowie die damit zusammenhängenden Niederschläge aus dem Kampfe des äquatorialen Luftstroms mit den aus den polaren Regionen nach dem Aequator zurückströmenden Luftmassen zu erklären. Gegenmächtig aber begnügt man sich fast ausschließlich mit der Zurückführung der Bewegungsercheinungen im Luftmeer der

höheren Breiten auf Minima und Maxima des Luftdruckes, ohne daß eine recht begründete Erklärung abgegeben wird über die gewaltige Energie, die in diesen Minimis und Maximis angesammelt ist. Es hat nun kürzlich Werner Siemens durch eine Arbeit über die Erhaltung der Kraft im Luftmeer der Erde versucht, einen Beitrag zur Ausfüllung dieser Lücke zu liefern.¹⁾ Alles Leben und alle Bewegung auf der Erde entstammt der Sonnenstrahlung. Ohne sie würde das Luftmeer der Erde ohne eigene relative Ortsveränderung und Temperatur der Erdrotation folgen, wenn man absieht von der Sternenstrahlung und der Eigenwärme der Erde. Die Erdrotation würde bei der Temperatur des Weltraums noch als gasförmig und dem Mariotte'schen Gesetz unterworfen angenommenen Atmosphäre die Gestalt der Niveaulächen des Rotationsellipsoides geben, wäre aber außer Stande, eine andauernde Luftcirculation hervorzurufen. Da die mittleren Temperatur- und Bewegungsverhältnisse sich in absehbaren Zeiten ebenso wenig ändern, als die Erdrotation selbst, so muß in der Erdatmosphäre ein constantes Quantum Sonnenenergie in Form freier und latenter Wärme, lebendiger Kraft bewegter Luftmassen oder als locale Druckansammlung aufgespeichert sein. Die Wärmezufuhr durch Sonnen- und Sternenstrahlung muß dagegen gleich dem Wärmeverlust durch Ausstrahlung in den Weltraum sein. Die Wärmezufuhr findet nur zum geringsten Theile direct an die Atmosphäre durch Absorption durchgehender Strahlen, zum größeren Theile aber durch Erwärmung der Erdoberfläche statt und wird daher vorzugsweise zur Erwärmung der untern Luftschichten und zur Wasserverdampfung verwandt. Ebenso geht auch der Wärmeverlust durch Ausstrahlung ins Weltall vorzugsweise von der festen und flüssigen Erdoberfläche aus. Hierbei sind zwei Punkte als besonders wichtig ins Auge zu fassen. Während die als von einem Punkt ausgehend zu betrachtende Sonneneinstrahlung vorzugsweise den niederen Breiten zugeht, ist die nach allen Orten des Himmelsraumes gerichtete Ausstrahlung unabhängig von der geographischen Breite und hängt nur ab von der Temperaturdifferenz zwischen den ausstrahlen-

1) Sitzungsber. der kgl. preuß. Akad. d. W. zu Berlin. XIII. 4. März 1886. S. 261. Wiedemann's Ann. Bd. 28, S. 263.

den Theilen der Erdoberfläche und der des Weltraums. Da die den Weltraum scheinbar erwärmende Sternenstrahlung für alle Theile der Erdoberfläche sich ebenso verhält, wie die Ausstrahlung, so kann sie vernachlässigt werden, und es ist dann als Temperatur des Weltraums der absolute Nullpunkt (-273°C.) anzunehmen. Ferner ist noch zu beachten, daß der Ausstrahlungsverlust der höheren dünneren Luftschichten größer sein muß, als der der tieferen, weil die Ausstrahlung in die Leere größer ist als die in lusterfüllte Räume.

Unter diesen Voraussetzungen stellt nun Siemens für das Gleichgewicht im Luftmeer folgende Bedingungen auf:

1. Der Gleichgewichtszustand der ruhenden Atmosphäre ist der indifferente, die zugehörige Temperaturcurve die adiabatische; das heißt also, die Versetzung einer Luftmasse aus einer Höhenlage in eine andere ist, abgesehen von Reibungsverlusten, weder mit Arbeitsleistung noch mit Arbeitsaufwand verknüpft.

2. Durch Erwärmung der der Erdoberfläche näher liegenden Luftmassen durch Sonnenstrahlung über die ihr zukommende adiabatische Temperatur hinaus, sowie durch Abkühlung durch verstärkte Ausstrahlung der höchsten Luftschichten unter dieselbe, wird eine Störung des indifferenten Gleichgewichts der Atmosphäre erzeugt, die einer localen Arbeitsansammlung entspricht. Die zur Wasserverdampfung verwandte Wärme vermehrt diese Gleichgewichtsstörung im gleichen Sinne und Verhältnisse, da der Wasserdampf ein geringeres specifisches Gewicht hat als die Luft, und da die latente Wärme des durch die adiabatische Abkühlung der Luft beim Aufsteigen condensirten Dampfes zur Erwärmung und Ausdehnung der Luft verwandt wird.

3. Die in der Störung des indifferenten Gleichgewichts der Atmosphäre durch Ueberhitzung der unteren und Ueberfühlung der oberen Luftschichten aufgespeicherte Energie muß sich durch auf- und niedergehende Luftströmungen ausgleichen. Dem zweiten Clausius'schen Lehrsatz der mechanischen Wärmetheorie entsprechend, geht der Wärme-Ueberschuß, der sich arbeitend ausdehnenden Luft dazu zum größeren Theile in lebendige Kraft bewegter Luft über, zum geringeren verbreitet er sich auf größere und relativ kältere Luftmassen. Der beschleunigt aufsteigende Luftstrom muß daher bis zur größten

Verdünnung einen positiven, der absteigende einen negativen Wärme-Ueberschuß über die der Höhenlage entsprechende adiabatische Temperatur beibehalten.

4. Die in den beschleunigt auf- und niedergehenden Luftströmen angesammelte lebendige Kraft kann nur dadurch wieder vernichtet werden, daß sie entweder durch innere oder äußere Reibung oder durch locale Druckvermehrung wieder in Wärme übergeführt wird.

5. Die in der Rotation des Luftmeeres um die Erdachse angesammelte mechanische Energie muß eine Constante sein und im relativen Ruhezustande überall der Rotationsgeschwindigkeit des Theiles der Erdoberfläche entsprechen, auf dem sie ruht. Da durch äquatoriale und polare Luftströmungen ein fortwährender Wechsel des geographischen Ortes der Luftmassen stattfindet, so muß die Rotationsgeschwindigkeit der gesammten Atmosphäre in niederen Breiten hinter der Rotationsgeschwindigkeit der Erdoberfläche zurückbleiben, in höheren dagegen ihr voreilen. Die Größe der Reibung mit dem Erdboden, welche diese Geschwindigkeitsdifferenzen vermindert, muß dabei in den äquatorialen Breiten eben so groß sein, wie in den polaren, damit die Constanz der mittleren Rotationsgeschwindigkeit des ganzen Luftmeeres aufrecht erhalten bleibt. Der Geschwindigkeitsverlust durch Reibung beeinflusst daher nur die örtliche Größe der Geschwindigkeitsdifferenz.

6. An der Grenzfläche von Luftströmen findet eine fortlaufende Mischung benachbarter, mit verschiedener Geschwindigkeit behafteter Lufttheile statt. Durch diesen der Reibung analogen Vorgang tritt eine der Geschwindigkeitsdifferenz proportionale Verzögerung des schneller fließenden Stromes, sowie eine Beschleunigung des langsamer fließenden statt. Es folgt daraus an der Bewegungsgrenze eine Druckvermehrung im schnelleren und eine Druckverminderung im langsameren Luftstrom.

Zur Erläuterung der beiden letzten Grundsätze giebt Siemens zunächst für die lebendige Kraft des in relativer Ruhe angenommenen Luftmeeres, wenn man seine im Vergleich zum Erdhalbmesser r geringe Höhe vernachlässigt, den Werth

$$\frac{16}{3} \cdot \frac{r^4 \pi^3 q}{T^2},$$

wo q das Gewicht der über der Flächeneinheit ruhenden Luft und T die Rotationszeit in Secunden bedeutet. Für die mittlere Geschwindigkeit, welche man der ganzen Luftmasse $4r^2\pi q$ ertheilen müßte, um diese lebendige Kraft zu erhalten, ergibt sich

$$C = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{2r\pi}{T} = 379 \text{ m,}$$

welche Geschwindigkeit dem 35. Breitengrad entspricht. Denkt man sich nun das ganze Luftmeer plötzlich innig gemischt, so daß jedes Theilchen diese mittlere Geschwindigkeit erhält, so wird die Luft vom Aequator bis zum 35. Breitengrad langsamer, die jenseits des 35. Breitengrades aber rascher rotiren als die Erdoberfläche. Am Aequator wäre diese Differenz 84 m in der Richtung von D. nach W., unter 45° Breite 59 m und unter 54° 107 m in der Richtung von W. nach D. Die Reibung mit der Erdoberfläche würde diese Geschwindigkeitsdifferenz allmählich vernichten, wenn keine Luftströmungen vom Aequator nach den Polen hin und umgekehrt vorhanden wären; da solche aber stattfinden, so muß ein Gleichgewichtszustand eintreten, bei welchem sich die Mischung der schneller und der langsamer rotirenden Luft soweit herstellt, daß die beschleunigende Reibung der äquatorialen Zone bis zum 35. Grade nördlicher und südlicher Breite der verzögernden Reibung der übrigen Erdoberfläche gleich ist. Es müssen daher im ganzen Luftmeer der äquatorialen Zone Ostwinde, in den Regionen nördlich und südlich vom 35. Grad aber Westwinde überwiegend sein, und zwar letztere mit wachsender Breite in immer höherem Maße.

Wäre nun die Erde eine glatte feste Kugel mit homogener Oberfläche und der Wassergehalt der Atmosphäre verschwindend gering, so würden das indifferente Gleichgewicht und die adiabatische Temperatur der verschiedenen atmosphärischen Höschichten nur noch durch die Luftströmungen beeinflusst werden, welche durch die verschiedene Erwärmung der Luft durch Sonnenstrahlung und verschiedene Abkühlung derselben durch Ausstrahlung hervorgerufen werden. Die Erwärmung der Luft, und zwar vorzugsweise in den unteren Schichten, ist am größten am Aequator und nimmt von da annähernd proportional dem Cosinus der Breite ab. Die Umwandlung von Sonnenenergie

in Luftbewegung wird daher auch am Aequator am stärksten sein. Diese Umwandlung geschieht im aufsteigenden Luftstrom. In ihr liegen, wenn man absieht von der Verschiebung der heißen Zone durch den Wechsel der Jahreszeiten, die Bedingungen für einen allgemeinen und beständigen Aufstrom der Luft. Siemens weist nun darauf hin, wie die nördliche und südliche Componente der beiden unteren Passatströme sich aufheben und durch ihre lebendige Kraft den Auftrieb der Luft verstärken. In der ganzen Luftmasse der heißen Zone erfolgt daher eine Aufwärtsbewegung, in aufsteigenden, der Erdrotation entgegengerichteten Spiralen. Nur über dem Aequator selbst muß ein Lustring übrig bleiben, welcher an der aufsteigenden Bewegung nicht theilnehmen kann und an dessen nördlicher und südlicher Oberfläche die spiralförmig aufsteigenden Passatströme hinaufgleiten. Indem Grenzschichten der relativ ruhenden äquatorialen Luftmasse mit fortgeführt werden, bilden sich in dieser regelmäßig verlaufende Wirbel, welche der Mitte dieser Luftmasse eine entgegengesetzte, der Erdrotation gleichgerichtete Geschwindigkeit geben; dies ist die Region der Calmen. Ueber dem nach oben sich keilförmig verengenden Calmenring vereinigen sich die unteren, am stärksten erwärmten Theile beider Passatströme, den mittleren Theil des mächtigen äquatorialen Aufstromes bildend. Da durch jeden horizontalen Schnitt in der Zeiteinheit gleichviel Luftmasse gehen muß, so vergrößert sich die Geschwindigkeit des Aufstromes proportional der durch die Druckverminderung bewirkten Verdünnung der Luft beim Aufstrom, und die so erlangte lebendige Kraft treibt die aufströmende Luft so hoch über die obere Grenze der Atmosphäre, bis die durch den Druck umgebender Luftschichten nicht mehr im Gleichgewicht gehaltene Schwerkraft die verticale Geschwindigkeitscomponente aufhebt. So entsteht der schon von Dove geschilderte, den Protuberanzen und Faceln auf der Sonne analoge Lustring, welcher continuirlich nach dem Polen hin abfließt. So hoch steigen aber nur die dem Aequator am nächsten, mittleren Schichten des äquatorialen Aufstromes, wie schon daraus klar wird, daß überall im Luftmeer der Erde die Quantitäten der polwärts und der äquatorwärts fließenden Luftmassen für jeden Breitenkreis gleichgroß sein müssen, wenn keine localen Druckdifferenzen entstehen sollen. Während daher die dem Erd-

boden zunächst liegenden Luftmassen, welche durch die Sonnenstrahlung am meisten überhitzt sind, in der Nähe des Aequators zu den größten Höhen aufsteigen und von da mit größter Geschwindigkeit den Polen zugetrieben werden, werden andere Schichten dieser äquatorwärts fließenden Luftströme schon früher, in geringerer Höhe, vom Aequator wieder nach den Polen hin abgelenkt, und zwar um so früher, je größer ihr Abstand vom Aequator und je größer ihre ursprüngliche Höhe über der Erdoberfläche ist.

In der heißen Zone nimmt also der an der Erdoberfläche durch Reibung mit dem Erdboden verlangsamte untere Passatstrom mit der Höhe über dem Boden an Geschwindigkeit zu. Zwischen dem unteren und oberen Passat folgt dann in unbekannter Höhe ein durch horizontale Luftwirbel ausgefüllter Zwischenraum, über welchem die polwärts gerichtete Strömung bis zur größten Atmosphärenhöhe hinaufreicht, mit wachsender Höhe rasch an Geschwindigkeit zunehmend.

Da einestheils die auf- und niedersteigenden Luftmassen ihre örtliche Rotationsgeschwindigkeit beibehalten, anderntheils infolge der allmählichen Vermengung des Strombettes für die polwärts strömenden Luftmassen bei diesen eine stetige Druckvermehrung, in den nach dem Aequator ziehenden aber eine allmähliche Druckverminderung eintritt, so muß durch beide Umstände zusammen eine mit dem Cosinus der Breite zunehmende allgemeine Rückströmung des oberen, polar gerichteten in den unteren äquatorial gerichteten Luftstrom eintreten. Ein wesentlicher Verlust an lebendiger Kraft wird bei dem partiellen Uebergang des oberen Stromes in den unteren nicht eintreten, da derselbe durch die beide Stromgebiete trennenden horizontalen Wirbel vermittelt wird, und wenn die Erdrotation nicht vorhanden wäre, würde sich diese Rückströmung bis zu den Polen hin ohne wesentliche Störung vollziehen. Auch der Verlust an lebendiger Kraft infolge der inneren Reibung kann in den höchsten Luftschichten ihrer großen Dimension wegen nur unbedeutend sein, und dieselben würden daher mit wenig verminderter Geschwindigkeit von allen Seiten den Polen zuströmen, dort sich anstauen, zum Erdboden niedersinken und von hier als Polarstrom zum Aequator zurückkehren. Ein ähnlicher Vorgang würde aber wegen der früher schon herabkommenden

Luftmassen in allen Breiten stattfinden, und wir würden so ein die ganze Atmosphäre umfassendes System von in meridionalen Ebenen verlaufenden Luftwirbeln erhalten, in denen die durch den Auftrieb in niederen Breiten gewonnene lebendige Kraft durch Reibung mit dem Erdboden und die dieselbe den höheren Luftschichten zuführende innere Reibung wieder vernichtet, beziehentlich übergeführt wird.

Dieses Strömungsbild wird aber durch die Erdrotation wesentlich verändert. Infolge des Austausches der Luft zwischen den verschiedenen Breiten muß das Luftmeer eine mittlere Geschwindigkeit annehmen, so daß die bei der Gesamttrotation angesammelte lebendige Kraft erhalten bleibt. Da diese mittlere Geschwindigkeit derjenigen des 35. Grades entspricht, so muß zwischen 35° nördlicher und südlicher Breite sowohl der obere als der untere Strom hinter der Erdrotation zurückbleiben, also nach Westen gerichtet sein, während vom 35. Grad bis zu den Polen eine mit der Breite schnell zunehmende, der Erdrotation vorausseilende, östlich gerichtete Geschwindigkeit in beiden Strömen obwalten muß. Der Rücklauf des oberen polar gerichteten Stromes zum Aequator vollzieht sich daher noch vorm Ueberschreiten des 35. Breitengrades in westlich gerichteten Bahnen als Verstärkung des unteren Passates, und an dieser Bewegung nehmen auch die Wirbel theil, die den oberen vom unteren Strom trennen.

Viel complicirtere Bewegungen finden nach Ueberschreiten des 35. Grades statt: der obere, polargerichtete Strom behält hier seine östliche Geschwindigkeit von 379 m fast unvermindert bei, während der zurückkehrende untere Strom durch die Reibung am Erdboden um so stärker verzögert wird, je länger sein unterer Lauf ist. Das Gleiche gilt auch von der meridionalen Geschwindigkeit. Verengt sich nun mit wachsender Breite das obere Strombett derart, daß eine Anstauung eintritt, so bewirkt die locale Druckvermehrung eine Störung der Zustandcurve des indifferenten Gleichgewichts der Atmosphäre, und der zuströmmende Luftüberschuß wird zunächst zu einer Verdichtung der unteren Luftschichten verwandt, so daß die Gleichgewichtscurve bis zum Erdboden wieder hergestellt wird. Es entsteht so ein niedergehender Luftstrom und eine Druckvermehrung auf dem Erdboden, also ein locales Maximum

des Luftdruckes. Die von dieser Region höheren Druckes auf dem Erdboden in radialer Richtung ausgehenden Luftströme verhindern dann die vollständige Wiederherstellung des indifferenten Gleichgewichts in den oberen Luftschichten; es kann deshalb ein solches Druckmaximum längere Zeit andauern, und indem der Ueberschuß der zuströmenden äquatorialen Luft beständig dem unteren Rückstrom zugeführt wird, kann sogar auf längere Zeit die regelrechte Abzweigung des oberen Stromes in den unteren verhindert werden. Diese muß aber endlich doch eintreten, und dann hört mit der Anstauung in den oberen Regionen die Ursache des Maximums auf.

Die rückläufige Abzweigung des oberen Äquatorialstromes entsteht dadurch, daß der durch die Anstauung in seinem Fortgang auf dem Pol gehemmte Strom noch mehr nach Osten abgelenkt wird, und dabei die tieferen Luftschichten, welche sich in relativer Ruhe befinden oder in entgegengesetzter Richtung fließen, durch innere Reibung mit fortreißt. Er nähert sich daher mit nur wenig Gefäll der Erdoberfläche, bis er schließlich mit dem Polarstrom vereint den Rückgang nach dem Äquator antritt. Durch das Mitsfortreißen der unteren Luftschichten erzeugt er aber eine Verdünnung der unter ihm lagernden Grenzschichten der Luft und dadurch eine Störung des indifferenten Gleichgewichts, die der früher beschriebenen entgegengesetzt ist. Zur Wiederherstellung des indifferenten Gleichgewichts tritt nun ein Aufstrom und ein locales Minimum des Luftdruckes am Erdboden ein. Wie beim Maximum ist auch die Aenderung des Luftdruckes nicht gleich der durch die mitreißende Kraft des schneller strömenden oberen Stromes hervorgerufenen Druckverminderung selbst, sondern entsprechend dem Verhältniß derselben zu dem jener Höhe in der Curve des indifferenten Gleichgewichtes zukommenden Drucke. Nur dadurch erklärt sich die Größe der Barometerschwankungen in mittleren und höheren Breiten.

Dem lokalen Minimum des Druckes strömt am Erdboden von allen Seiten Luft zu, die in Wirbeln aufsteigt, um schließlich vom Äquatorialstrom mit fortgerissen zu werden, der durch seine lebendige Kraft das Minimum erzeugt und erhält und auch die Luft an der Erdoberfläche nach der Stelle des Minimums in Bewegung setzt. Maxima und Minima des

Druckes stehen in einem ursächlichen Zusammenhang und treten in der Regel gleichzeitig auf, weil das durch das Maximum veranlaßte partielle Rückströmen des Aequatorialstromes sich durch eine Furche niedern Druckes auf der Erdoberfläche abzeichnet; die durch Maxima und Minima in den unteren Luftschichten verursachten Luftströmungen combiniren sich auch zu Strömungen, die wesentlich von Maximum zum Minimum führen, ihre Richtung wird indessen auf bekannte Art durch die Erdrotation modificirt. Erreicht der Aequatorialstrom im allmählichen Niedergang den Boden, was aber meist nicht geschieht, so muß ihm schließlich das System der localen Winde weichen. Gewöhnlich, d. h. bei geringeren Anstauungen im oberen Strombett, vollzieht sich der Rückstrom durch Auflagerung auf die höheren Schichten des polaren Rückstromes, und Maxima und Minima verschwinden nach Herstellung constanter Stromverhältnisse in den höheren Luftschichten. Eine beträchtliche Anstauung aber erzeugt starke Druckmaxima und ein schnelleres Niedersinken des äquatorialen Rückstromes, der sich dann über einer Furche niederen Druckes mit nur wenig verminderter Geschwindigkeit bis zum Boden niedersenkt und hier Stürme erzeugt, die auf der nördlichen Halbkugel als Südwest beginnen, um im Sinne des Dove'schen Gesetzes durch West und Nordwest, allmählich schwächer werdend, in die herrschende Rückströmung zum Aequator überzugehen. Diese Stürme erzeugen durch Convection benachbarter Luftschichten Wirbel, die weit über ihre eigenen Grenzen hinausreichen und die Verfolgung des regelmäßigen Verlaufs der eingetretenen atmosphärischen Störung sehr erschweren. Da durch die mitreisende Kraft der bewegten Luft alle in der Nähe einer Strömung befindlichen ruhenden Massen eine Verdünnung erfahren, und das Barometer nicht den wahren Druck der bewegten Luftmassen, sondern den der umgebenden ruhenden Luft anzeigt¹⁾, so dauert der nie-

1) Siemens erinnert hier daran, daß ein Barometer in der Gondel eines schnell mit dem Sturme dahin eilenden Luftballons einen wesentlich höhern Druck anzeigen muß, als ein im Zimmer aufgestelltes. Versuche, die er angestellt, haben ergeben, daß ein Luftstrom, welcher an der Oeffnung eines senkrecht zu seiner Richtung stehenden dünnwandigen Rohres vorbeigeht, in diesem Rohre eine der Luftgeschwindigkeit proportionale Verdünnung bewirkt, die einer Quecksilbersäule von 0.025 mm

dere Barometerstand in der Regel noch fort, auch nachdem der Aequatorialstrom den Boden schon erreicht hat.

Hiernach entstammt die in den Winden und Stürmen thätige lebendige Kraft im Wesentlichen der Ueberhitzung, welche die in den Tropen aufsteigende Luft am Boden erfahren hat. Diese lebendige Kraft wird vorzugsweise auf die höchst verdünnten oberen Luftschichten übertragen, die durch ihr Beharrungsvermögen mit nur geringem Geschwindigkeitsverlust durch innere Reibung nach den polaren Regionen fortgetrieben werden, dabei die mittlere Rotationsgeschwindigkeit behaltend, die sie bei ihrer Erhebung besaßen. Bei ihrem Fortgange in höheren Breiten der Erde in Richtung der Rotation immer mehr vorausseilend, nähern sie sich — von der Erde aus betrachtet — in Spiralen mit abnehmender Steigung den Polen. Wenden sie sich infolge der Verengung der oberen Strombetten schon früher dem Erdboden zu, um nach dem Aequator zurückzukehren, so treffen sie den Boden und an demselben die aus den polaren Regionen zurückkehrenden Luftmassen mit einer Geschwindigkeit, die aus ihrer eigenen Geschwindigkeit und der Differenz zwischen ihrer Rotationsgeschwindigkeit und der des betreffenden Ortes der Erde combinirt ist. „Die Quelle, aus welcher die Stürme höherer Breiten ihre zerstörende Kraft im Wesentlichen schöpfen, ist daher das Beharrungsvermögen des Erdkörpers selbst. Damit die Rotation desselben unverändert bleibt, muß das Gesetz herrschen, daß die Beschleunigung, welche der Erdkörper durch die Geschwindigkeitsdifferenz in den höheren Breiten erleidet, durch die Verzögerung in niederen Breiten, in denen die mittlere Luftrotation kleiner ist wie an der Oberfläche, compensirt wird.“

Daher muß mit der Breite auch die Häufigkeit der Luftströmungen im Sinne der Erdrotation, für unsere Halbkugel also der Westwinde, rasch zunehmen. In den arktischen Regionen gehen die höchsten Schichten des Aequatorialstromes in nordöstlich gerichteten Spiralen zur Erde nieder, erzeugen ein

für 1 m Luftgeschwindigkeit entspricht. Darauf gestützt, hat er ein einfaches Anemometer construirt, im Wesentlichen aus einem dünnen verticalen Rohre bestehend, welches möglichst hoch über das Dach des Hauses hinausgeführt wird. Ein im Zimmer aufgestellter Druckmesser giebt dann direct die Windgeschwindigkeit in Metern an.

Druckmaximum und gehen als unterer Nordwest zurück zum Aequator.

Wiederum ist es die im äquatorialen Auftrieb gewonnene lebendige Kraft, welche die Luft aus den polaren zu den äquatorialen Regionen zurücktreibt, „nicht die Wirkung zweifelhafter Gradienten des Luftdruckes, die zur Erklärung der Phänomene keinesfalls ausreichen.“ Die südöstlich gerichtete Geschwindigkeit, mit welcher dieser Rückstrom eingeleitet wird, wird durch Reibung wesentlich vermindert und würde am Boden ganz vernichtet werden, wenn sie nicht in höheren Regionen des Rückstromes fortbestünde. Durch die wachsende Ausbreitung des unteren Strombettes wird nun in den mittleren, schneller in äquatorialer Richtung vorschreitenden Luftschichten eine Verdünnung erzeugt, welche ein Zuströmen der unteren Luftschichten bedingt, welches aus niederen Breiten geschehen muß, weil hier die den Auftrieb bewirkende Druckdifferenz durch Ausbreitung des Strombettes geringer ist. Es muß daher die Strömung an der Erdoberfläche selbst auf der Nordhalbkugel eine südliche Componente erhalten; daher das Ueberwiegen des Südwest, nicht des Nordwest, wie es in den höheren Regionen des Rückstroms der Fall sein muß.

Mußten schon in dem bisher betrachteten hypothetischen Falle einer homogenen, glatten und trockenen Erdoberfläche die Luftbewegungen sich in mittleren und höheren Breiten äußerst unregelmäßig gestalten, so daß sie nicht sicher voraus zu bestimmen sind, so muß dies in noch höherem Maße auf der wirklichen Erde der Fall sein mit ihrer ungleichen Vertheilung von Land und Meer, mit dem dadurch bedingten ungleichen Feuchtigkeitsgehalt der Luft, mit den äußerst mannichfaltigen orographischen Verhältnissen der Erdoberfläche und der ungleichen Beschaffenheit des Bodens ausgedehnter zusammenhängender Gebiete, welche Verschiedenheiten „eine Kette weiterer Störungen im Gleichgewicht der Temperatur, des Druckes, des Wassergehaltes und localer Störungen der Bewegung der über und neben einander gelegenen oder strömenden Luftschichten bilden, die eine einigermaßen sichere Wetterprognose wohl für alle Zeiten verhindern wird.“

Ueibt auch der Wassergehalt der aufsteigenden Luft keinen sehr wesentlichen Einfluß auf die Größe der lebendigen Kraft be-

wegter Luft, in welche die Energie der Sonnenstrahlung größtentheils umgewandelt wird, so beraubte er doch die Atmosphäre ihrer homogenen Beschaffenheit, indem in ihr abwechselnde wärmere und feuchte, und andererseits kältere und wasserärmere Schichten gebildet werden. Doch unterläßt es Siemens auf die dadurch bedingten localen Störungen näher einzugehen.

Wir lenken nunmehr unsere Aufmerksamkeit auf die Beobachtungen über die Bewegung der Luft und die Höhe der Wolken, welche Hildebrandson veröffentlicht hat.¹⁾ Um nämlich über diese Bewegung in den Gegenden barometrischer Maxima und Minima Aufschluß zu erlangen, hat derselbe seit 1873 regelmäßige Beobachtungen der an den Cirruswolken erkennbaren Strömungen der Luft in den höheren Regionen angeordnet, die zu folgenden Ergebnissen geführt haben:

1. In unmittelbarer Nähe des Centrum eines barometrischen Minimums bewegen sich die oberen Ströme nahezu parallel den unteren.

2. In dem Maße, wie man sich vom Centrum entfernt, weichen sie von den unteren Winden nach außen und nach rechts ab.

3. In der Gegend eines Maximums convergiren sie nach dem Centrum und schneiden die Isobaren unter nahezu rechten Winkeln.

4. Die divergirende Bewegung der oberen Ströme ist auf der Vorderseite einer Depression, d. h. ostnordöstlich vom Centrum, viel bedeutender als auf der Hinterseite, wo die Bewegung der Cirri sich der Richtung der Tangente der Isobaren nähert.

Aus den Beobachtungen der tieferen Wolken hat sich ergeben, daß die Luft in der dieselben schwimmen, sich nahezu rechtwinklig zur Richtung des Gradienten oder parallel zur Tangente der Isobaren bewegt.

An der Oberfläche endlich macht die Windrichtung mit dem Gradienten einen Winkel, der wesentlich constant und nahezu ein rechter ist; die Luft beschreibt also hier auf ihrem Wege nach dem Centrum eine logarithmische Spirale.

1) Comptes rendus, T. 101, p. 1515 (1885 déc. 28).

Im Ganzen ist also das Resultat folgendes:

Die Luft, welche an der Oberfläche der Erde in logarithmischen Spiralen um das Centrum einer Depression kreist, steigt im Centrum empor und hat in einer Höhe von 2000 bis 3000 m eine fast kreisförmige Bewegung um das Centrum des Wirbels; wenn sie endlich in einer beträchtlichen Höhe in die Region des Cirrus gekommen ist, so entfernt sie sich vom Centrum, besonders auf der Vorderseite. Die oberen Ströme convergiren nach den Centren der barometrischen Maxima und steigen zur Erdoberfläche herab, wo sie in centrifugaler Richtung vom Centrum fortgehen.

Zu den gleichen Resultaten führen auch die in England von Element Ley angestellten Beobachtungen.

Hildebrandson hat ferner aus den schwedischen und den anderwärts angestellten Beobachtungen folgende Resultate bezüglich der mittleren Windrichtung in den oberen Schichten der Atmosphäre abgeleitet:

1. Die mittlere Richtung der Cirrus liegt zwischen NW. und SO. für alle europäische Stationen und alle Jahreszeiten und scheint ungefähr mit der durchschnittlichen Bahn der Depressionscentra zusammenzufallen.

2. Die nördliche Componente der Bewegung ist größer im Winter als im Sommer, und besonders groß in Schweden und an der Südküste des Mittelmeeres.

Die hier in Betracht gezogenen Beobachtungen haben es nur mit der horizontalen Componente der Bewegung der Wolken zu thun, wie man sie von einem Orte aus wahrnimmt. Nun ist aber jedenfalls die Kenntniß der wahren Höhe der Wolken und ihrer wirklichen Bewegungen in horizontaler und verticaler Richtung von noch größerer Wichtigkeit. Dazu gehören aber correspondirende Beobachtungen, die von zwei telephonisch mit einander verbundenen Stationen aus angestellt werden. Wenn nämlich auf eine telephonische Verständigung hin in demselben Moment ein und derselbe Punkt einer Wolke anvisirt und Azimuth und Höhenwinkel desselben an beiden Stationen gemessen werden, so läßt sich daraus und aus der bekannten Lage der Stationen die wahre Höhe und der Ort der Wolke berechnen, und wenn diese Beobachtungen in gewissen Zwischenzeiten wiederholt werden, so kann man die

wahre Bewegung der Wolke in horizontalem wie in verticalem Sinne ermitteln. Derartige Beobachtungen sind nun in den Jahren 1884 und 1885 zu Upsala von N. Ekholm und R. L. Hagström ausgeführt worden. Bei den zur Winkelmessung benutzten Theodoliten war das Objectivglas durch einen Ring mit Fadenkreuz ersetzt, und an der Stelle des Oculars befand sich eine bloße Oeffnung von 3 mm Durchmesser. Diese beiden Instrumente waren ursprünglich auf ein Paar 489.5 m von einander entfernten Pfeilern aufgestellt, im Jahre 1885 aber beobachtete man von den Endpunkten einer 1302 m langen Standlinie aus. Es haben sich nun aus diesen Beobachtungen für die mittlere Höhe der verschiedenen Wolkenformen folgende Werthe ergeben:

Stratus	625 m
unterer Nimbus	1115 =
oberer =	2185 =
Cumulus und	{ Gipfel 1690 = Basis 1307 = Mitte 1498 =
Cumulostratus	
unterer Alto-Cumulus . . . . .		1988 =
oberer = =	4242 =
Cirro-Cumulus	5513 =
Cirrus	6823 =

Aus den Beobachtungen ergab sich ferner, daß Cumulus und Cirrus ihre Höhe im Laufe eines Tages wesentlich ändern: die Höhe des Gipfels sowie die Dicke der Cumulus ist Nachmittags 1 Uhr am größten, die Höhe der Cirri ist dagegen vom Morgen zum Abend in beständiger Zunahme begriffen. Man erkennt dies aus der folgenden Zusammenstellung der mittleren Höhe der Wolken in dem Zeitraum vom 23. Mai bis 15. Juni 1885.

a) Mittlere Höhe der obern Wolken.

Tagesstunde	Cirrus m	Cirrostratus m	Cirro- Cumulus m	Alto- Cumulus m
7 ¹ / ₂ —8 ¹ / ₂ Uhr Vorm.	8247	7500	5978	4397
1—2 Uhr Nachm.	8769	—	5539	5542
7—8 Uhr Abends	9073	—	5323	4297
Mittel	8778	7500	5629	4405

b) Mittlere Höhe der untern Wolken.

Tagesstunde	Alto-	Strato-	Cumulus		Nimbus	
	Cumulus	Cumulus	Gipfel	Basis	oberer	unterer
	m	m	m	m	m	m
7 ¹ / ₂ – 8 ¹ / ₂ Uhr Vorm.	2362	2256	1330	848	2509	1430
1 – 2 Uhr Nachm.	—	2217	2279	1998	2215	1422
4 – 5 „ „	2401	—	—	—	2542	—
7 – 8 Uhr Abends	2511	2755	—	—	—	1248
Mittel	2433	2604	1829	1279	2383	1398

Speziell von der Bewegung der Cirrus geben die folgenden Zahlen ein Bild:

Datum 1885	Mittl.	Geschwindigkeit		Richtung	Unterer	Wind
	Höhe	horizont.	vert.		Richtung		Geschw.
	m	m	m		m	m
26. Mai	8061	19.4	+ 5.1	S 87° W	SW	3.9
30. „	8069	42.3	+ 2.6	S 56 W	WSW	7.9
6. Juni	9223	44.1	+ 6.1	S 67 W	WSW	8.2
15. „	9237	36.5	— 1.3	S 80 W	SSO	4.0
19. „	8268	34.5	+ 2.8	W 15 N	SSW	2.9
13. Juli	8825	13.5	— 2.7	S 36 W	SSO	4.3
13. „	10604	15.1	— 0.8	S 37 W	=	=

Die Vergleichung mit dem jeweiligen Zustand der Atmosphäre ergibt nun, daß die aufsteigenden Bewegungen der Cirri in der Nachbarschaft barometrischer Minima, die absteigenden aber in der Nähe der Maxima des Luftdruckes stattfinden. Die Beobachtungen bestätigen also die Theorie, nach welcher die Cirri emporsteigen über einem Minimum und nach der Stelle des Maximums hinabsteigen.

Von sehr vielen Seiten ist in den letzten Jahren die Theorie des Gewitters und der Gewitter-Elektricität behandelt worden. Die Zahl der Autoren, welche den Ursprung der Luft- und Gewitter-Elektricität zu ergründen gesucht haben, ist eine sehr große. Suchsland zählt in einer kürzlich erschienenen Schrift ¹⁾ 24 verschiedene Theorien auf von denen Franklin's, Wilcke's, Volta's u. an bis auf die neuesten.

1) „Die gemeinschaftliche Ursache der elektrischen Meteore und des Hagels.“ Halle a. S. 1886.

Im Anschluß an die Auseinandersetzungen im Eingang des astronomischen Abschnittes dieses Jahrbuches erinnern wir zunächst daran, wie Werner Siemens die Gewitterelektricität mittels des elektrischen Potentials der Sonne zu erklären versucht hat. Schon Lamont nahm zur Erklärung der wechselnden und unstillen Luftelektricität eine negative elektrische Ladung der Erde an, die er durch thermo-elektrische Differenzen zu erklären suchte. Siemens möchte statt dessen lieber kosmische Influx und Ableitung der frei werdenden gleichen Elektricität durch Verbreitung im Raume oder Neutralisirung mit der entgegengesetzt geladenen Materie annehmen, die von der Sonne in der Ebene des Aequators ausfließt. Ist dies der Fall, bildet die Erde mit der Sonne einen elektrischen Ansammlungsapparat, dessen trennendes Dielektricum die Atmosphäre der Sonne und Erde und der mit äußerst verdünnter Materie erfüllte interplanetare Raum ist, „so sind alle von Lamont und Anderen aus der elektrischen Ladung der Erde gezogenen Schlußfolgerungen berechtigt“. Doch widerspricht das plötzliche Auftreten so gewaltiger Massen Elektricität, wie sie namentlich bei tropischen Gewittern sich kund geben, der Annahme, daß dieselben in der schwachen elektrischen Ladung der verhältnißmäßig geringen Luftmenge ihren Sitz haben, die den Träger der Gewitterwolken bildet; wir müssen uns vielmehr nach einer ergiebigeren Quelle umsehen, und eine solche „Quelle von unerschöpflicher Mächtigkeit findet sich in der elektrischen Ladung der Erde durch Sonnen-Influx“. Wird eine Kugel durch Influx einer entfernten elektrischen Kugel geladen, so treffen die nach Faraday's Molekular-Vertheilungstheorie von der ladenden zur geladenen und abgeleiteten Kugel gehenden Kraftlinien die letztere überall fast senkrecht und bei verhältnißmäßig großem Abstand beider Kugeln in annähernd gleicher Anzahl auf der Seite, die der vertheilenden Kugel zugewandt ist, als auf der abgewandten. Nähert man nun einen Schirm, der einen Theil der Oberfläche der influenzirten Kugel bedeckt, der letzteren, so wird er bei geringer Dicke nicht merklich elektrisch; sobald man jedoch den Schirm ableitend berührt, nimmt er die der Kugel entgegengesetzte Elektricität an. Ist dagegen der Schirm leitend verbunden mit der Kugel, so nimmt er die Elektricität der letzteren an. Als solche Schirme treten die Gewitterwolken auf. Ist eine solche Wolke

über einem Theil der Erdoberfläche in der Bildung begriffen, so bleibt sie von der Electricität unbeeinflusst, so lange die Wassertheilchen isolirt und in größeren Abständen von einander sind; Nebel und leichte Wolken werden daher nicht elektrisch. Hat sich aber der Nebel soweit verdichtet, daß die Theilchen einander sehr nahe oder in Berührung kommen, so unterliegt die Wolke dem Vertheilungsvorgang, der dadurch eingeleitet werden kann, daß sie durch aufsteigende Wolkenwirbel bis in sehr hohe Regionen hinauf in leitende Verbindung mit den dort befindlichen Wolken tritt, in welchem Falle diese leitend zusammenhängende Wolke in ihren untern Theilen die der Erd-electricität entgegengesetzte, in den obern die gleiche annimmt. Es kann aber eine dichte leitende Wolkenbank auch an einer oder an mehreren Stellen mit der Erde in leitende Verbindung treten und deren Electricität annehmen, was am häufigsten am Abhang steiler Berge eintreten dürfte; deshalb sind Gebirge häufig Gewitterbildner. Bei der Entstehung der Gewitterwolken selbst schreibt Siemens der Electricität keine wesentliche Rolle zu. Die Ursache der Wolkenbildung ist vielmehr in der Regel in der auf- und niedergehenden Luftbewegung zu suchen, welche auch den Regenfall erzeugt und die Stürme entfesselt; auch dem Wasserdampf schreibt Siemens nicht die große Rolle bei der Luftbewegung zu, wie manche Meteorologen. Im Allgemeinen wird, wenigstens in höheren Breiten, Temperatur und Dichte der Atmosphäre mit der Höhe ab-, der Wassergehalt aber zunehmen. Ist nun die Temperatur einer sehr wasserhaltigen oberen Schicht durch Strahlung bis zum Sättigungspunkt des Dampfes abgekühlt, so bilden sich die wahrscheinlich aus Eisnadeln bestehenden Cirruswolken. Die hierdurch frei werdende latente Wärme erwärmt die Luftschichten wieder und zieht den Proceß der Bildung schwererer Schneewolken längere Zeit hinaus, bis durch dauernde Strahlung die Wärme verschwunden, die Eisnadeln das adiabatische Gleichgewicht stören und die Wolkenmasse niedersinkt. Bei der hierbei eintretenden Verdichtung und Erwärmung wird der Schnee geschmolzen, wozu die Luft die Wärme hergibt. Daher wird das adiabatische Gleichgewicht immer mehr gestört, und das Endresultat ist ein kalter niedergehender Luftstrom mit Regen. Doch ist die Dichte dieser langsam niedergehenden Regenwolken nicht ausreichend zur Leitung der Electricität. Wenn

aber durch locale Ueberhitzung der dem Erdboden benachbarten Luftschichten ein localer Aufstrom mit Regenfall entsteht, so kann der Aufstrom eine größere Geschwindigkeit erreichen als die der fallenden Regentropfen; diese werden dann in hohe, sehr kalte Regionen emporgewirbelt und gefrieren zu Hagelförnern, ein Proceß der sich mehrfach wiederholen kann, bis die Hagelförner vermöge ihres ansehnlichen Gewichts als solche oder auch nach Durchlaufung warmer Luftschichten als kalte Regentropfen zu Boden fallen. Durch diese in kurzer Zeit eintretende starke Regenbildung werden aber die Wassertheilchen der Wolkenstraße bis zu den höchsten Luftschichten so dicht an einander gedrängt, daß sie ein Leiter der Electricität wird. Ist sie also an einer Stelle in leitender Verbindung mit der Erde, so wird sie deren Electricität annehmen; im entgegengesetzten Falle wird sie in der Nähe der Erde ihr entgegengesetzt geladen, während die gleichnamige Electricität durch die leitende Wirbelwolke in die höhern Regionen entweicht. Wo die Leitung der Wolke unvollständig ist, wird sie durch Blitze vorübergehend hergestellt und schließlich wird bei der Auflösung der Wolke die ganze Electricität durch Blitze sich mit der Erdelectricität ausgleichen oder zum Theil in die Luستهlectricität übergehen. Von besonderem Interesse bezüglich der Ausgleichung der Electricität in verticaler Richtung ist ein älterer Bericht von Witte¹⁾, welcher von einem Luftballon aus die Entstehung eines starken Gewitters beobachtete: „Er sah zwei Wolken schichten etwa 2000 Fuß über einander, von denen die obere Schnee, Regen und Hagel der untern zusandte. Zwischen beiden bewegten sich geräuschlos gelbliche wellenähnliche Lichtmassen. Elektrische Entladungen mit Blitz und Donner ereigneten sich immer in der untern Schicht, doch war das Gewitter über beiden Schichten weit stärker, als unter denselben.“

Verschiedener anderer Theorien, insbesondere der von Gerland aufgestellten, ist bereits im Jahrg. XX dieses Jahrbuchs, S. 223 u. f. gedacht worden. Unter den neueren Theorien erwähnen wir zuerst die von Edlund entwickelte.²⁾ Derselbe

1) Fortschr. d. Physik. 1852, S. 762.

1) Sur l'origine de l'électricité atmosphérique, du tonnerre et de l'aurore boréale. Diese Schrift erhielt am 21. Dec. 1885 von

schreibt die Entwicklung der atmosphärischen Electricität einer elektromagnetischen Inductionswirkung zu, die er als „unipolare Induction“ bezeichnet. Der Fundamentalversuch für diese Wirkung besteht darin, daß wenn ein hohler cylindrischer Leiter die eine Hälfte eines permanenten Magneten umgiebt, dessen Achse mit der des Cylinders zusammenfällt, während die andere Hälfte sich außen befindet, so wird in dem Moment, in welchem man den Cylinder in Rotation versetzt, in der Richtung jeder Mantellinie des Cylinders eine Potentialdifferenz entwickelt, deren Sinn von der Bewegungsrichtung abhängt, die aber gleich bleibt und denselben Sinn behält, mag der Magnet fest oder gleichzeitig mit dem Cylinder beweglich sein. Edlund vergleicht nun die Erde und den obern Theil der Atmosphäre mit Leitern, die sich in beständiger Drehbewegung befinden und dem Einflusse des Erdmagnetismus ausgesetzt sind, und er schließt, daß die Luft eine positive, die Erde aber eine negative Ladung anzunehmen strebt; die positive Electricität wird in die obern Schichten der Atmosphäre geführt, wo sie sich unter dem Einflusse der magnetischen Kraft nach den Polen wendet. Die Luft an der Erdoberfläche ist allerdings nicht leitend, in höheren Schichten aber wird die Leitungsfähigkeit merklich, wodurch der vorstehend angedeutete Vorgang möglich wird; in diesen Regionen treten übrigens auch die Nordlichter auf, deren elektrischer Ursprung außer Zweifel steht.

Nach Edlund's Hypothese vereinigen sich nun die positive Electricität der Atmosphäre und die negative der Erde, sodaß die Electricität in beständiger Bewegung ist, die durch die inducirende Wirkung des Erdmagnetismus unterhalten wird. Edlund weist noch näher nach, wie diese Erscheinungen in verschiedenen Breiten sich ändern; namentlich ist am Aequator der Widerstand gegen die Neutralisation beider Electricitäten sehr groß, daher hier disruptive Entladungen eintreten, während

der Pariser Akademie den Bordin'schen Preis zuerkannt; im Ganzen waren auf die Preisfrage der Akademie, „Rechercher l'origine de l'électricité atmosphérique et les causes du grand développement des phénomènes électriques dans les nuages orageux“, 14 Abhandlungen eingereicht worden, nämlich zwei gedruckte und 12 Manuscripte, deren 5 in französischer, 4 in deutscher und 3 in englischer Sprache. Vgl. Comptes rendus, T. 101, p. 1335 (1885 déc. 21).

in höheren Breiten dieser Widerstand geringer ist, weshalb in den polaren Gegenden sich die Polarlichter zeigen.

Edlund hat auch die Größe der Induction zu bestimmen gesucht, die auf Erde und Atmosphäre ausgeübt wird, und er findet, daß einer Höhendifferenz in der Atmosphäre von 1 m in mittleren Breiten eine Vergrößerung des elektrischen Potentials von 0.023 Volt oder von 2.3 Volt für je 100 m Höhe entspricht. Dies ist allerdings viel weniger, als die directe Messung ergiebt, wenn man bei klarem Himmel die Vertheilung der Elektrizität in der Luft untersucht. Edlund glaubt aber, daß in den höheren Regionen der Atmosphäre eine Anhäufung von Elektrizität stattfindet, welche Gewitter zc. veranlassen kann.

Mit großer Sorgfalt hat *Sohncke* in einer besonderen Schrift eine Theorie auseinander gesetzt.¹⁾ Um mehr als bloße Vermuthungen über den Ursprung der Gewitterelektrizität aussprechen zu können, erschien es ihm nöthig, sich vor Allem vertraut zu machen mit den atmosphärischen Bedingungen, unter denen Gewitter aufzutreten pflegen, insbesondere bestimmten Aufschluß zu erlangen über die durchschnittliche Temperaturabnahme mit wachsender Höhe in der freien Atmosphäre, sowie über die Natur der höheren Wolken.

In ersterer Hinsicht ist von besonderem Interesse die Höhe der sogenannten „Isothermfläche Null“, d. h. derjenigen veränderlichen Fläche im Lustraume, deren Punkte gleichzeitig die Temperatur des Gefrierpunktes besitzen. Aus Beobachtungen, die von *Glaisher* u. A. auf zahlreichen Luftfahrten gesammelt worden sind, findet nun *Sohncke*, daß diese Isothermfläche Null sich in den heißesten Sommermonaten in Höhen von nur 3000 bis 4000 m befindet, gelegentlich aber auch in dieser Zeit bis auf 2000 m herabsinkt. Im Allgemeinen steigt sie im Laufe des Vormittags, und zwar, wie es scheint, schneller mit der größeren Annäherung an die Mittagszeit; im Laufe des Nachmittags dagegen sinkt sie, und zwar, wie es scheint, schneller mit wachsender Entfernung von der Mittagszeit. Binnen 1 bis 2 Stunden kann sie ihre Höhenlage um 2000 m ändern. Der Uebergang vom Steigen zum Sinken erfolgt vielleicht nicht genau zur

1) *Sohncke*, der Ursprung der Gewitterelektrizität und der gewöhnlichen Elektrizität der Atmosphäre. Jena, 1885.

Mittagszeit, sondern wohl eine Stunde oder auch mehrere Stunden später, wahrscheinlich wechselnd mit der Jahreszeit.

Von besonderem Interesse ist die Abnahme der Temperatur unmittelbar vor einem Gewitter. Schon R ä m t z hat aus der starken Wärmestrahlung, die oft bei schwüler Gewitterluft beobachtet worden, den Schluß gezogen, daß eine schnelle Abnahme der Temperatur mit wachsender Höhe eine wichtige Bedingung für die Gewitterbildung, namentlich im Sommer sei. Directe Beobachtungen hierüber, die auf Luftfahrten angesetzt sind, existiren nur sehr wenige, und sie bestätigen allerdings diese Vermuthung von R ä m t z. Um nun etwas größere Gewißheit zu erlangen, untersuchte Sohndke die kurz vor Gewittern vorhandene Temperaturdifferenz zwischen Freiburg im Breisgau und dem 719 m höher gelegenen Höchenschwand im Schwarzwalde, und es stellte sich dabei heraus, daß unter 17 in den Jahren 1880 und 1881 beobachteten Fällen nur in dreien die Temperaturdifferenz unmittelbar vor dem Gewitter kleiner, in allen anderen aber größer war, als sonst durchschnittlich in dieser Jahres- und Tageszeit. Sohndke glaubt daher als charakteristisch für die Wetterlage vor Gewittern, wenigstens in den meisten Fällen, die besonders schnelle Temperaturabnahme nach oben und im Zusammenhang damit natürlich die besonders tiefe Lage der Isothermfläche Null annehmen zu können. Dafür ist übrigens auch später von R. A s m a n n neues Beweismaterial beigebracht worden.¹⁾

Was aber die Beschaffenheit der höheren Wolken sowohl im Allgemeinen, als speciell bei Gewittern anlangt, so müssen diejenigen Wolken, welche oberhalb der Isothermfläche Null schweben, im Allgemeinen aus Eistheilchen gebildet sein, wenn auch das Vorkommen von Wolken aus überkältem Wasser nicht ausgeschlossen erscheint. Die Eiswolken sind übrigens als Federwolken (Cirri) meist schon durch ihr Aussehen genügend von den Wasserwolken, den Haufwolken (Cumuli) unterschieden; noch sicherer sind sie aber zu unterscheiden durch die Beschaffenheit der Höfe um Sonne und Mond, die man durch dünne Wolkenschleier beobachtet: Lichtringe oder Höfe größerer Art von etwa 22° Halbmesser entstehen zweifellos nur durch Lichtbrechung in

1) R. Asmann, die Gewitter in Mitteldeutschland. Halle, 1885.

Eiskrystallen, während die kleineren Höfe von 1° bis 6° Halbmesser der Beugung des Lichts an gleichgroßen Kügelchen ihre Entstehung verdanken.

Am genauesten sind bekannt von den Gewittern die localen oder Wärmegewitter, zu denen die Sommergewitter meist gehören; weniger erforscht sind dagegen die großen Wirbelgewitter. Bei ersteren verräth nun schon das Aussehen der Wolken, die als riesige Cumulusssäulen sich aufthürmen, daß sie einem stark aufsteigenden Luftstrom von großem Feuchtigkeitsgehalt ihre Entstehung verdanken. Nach den Untersuchungen von Reye ist aber die Hauptbedingung für das Zustandekommen eines nachhaltig aufsteigenden Luftstromes eine besonders schnelle Temperaturabnahme in der Umgebung, während in dem Strome selbst in Folge der Condensationswärme der sich niederschlagenden Wassertheilchen die Abnahme der Temperatur noch oben hin wesentlich langsamer wird. Es ist also im aufsteigenden Strome selbst die Isothermfläche Null besonders hoch gehoben, während sie umgekehrt außerhalb desselben eine besonders niedrige Lage hat. Es kommt so im Strome tropfbares Wasser in die Eisregion hinaus, und es finden sich in der Höhe Eiswolken und Wasserwolken neben einander. Auch im aufsteigenden feuchten Strome wird, wenn er hoch hinauf steigt, die Temperatur bis auf den Gefrierpunkt und noch tiefer sinken, was dann zur Bildung von Cirruswolken, von Schnee und Hagel Anlaß giebt. Das gleichzeitige Auftreten von Wasserwolken und Eiswolken neben einander, und zwar nicht bloß bei localen, sondern auch bei anderen Gewittern ist in der That von Hann und von Kämtz übereinstimmend bemerkt worden. Der Letztere weist darauf hin, daß stets bei Gewittern eine Cirrostratusdecke vorhanden ist, und der Erstere hat stets vor Gewittern, wenn er den Uebergang vom klaren Himmel zur dichten Bewölkung verfolgen konnte, die für den Cirrus charakteristischen großen Höfe wahrgenommen. Auch sind bei Luftfahrten an Gewittertagen Eistheilchen in der Luft beobachtet worden.

Wenn aber bei jedem Gewitter Wolken, die aus Eistheilchen bestehen, neben solchen, die aus Wassertheilchen gebildet sind, sich gleichzeitig in der Höhe befinden und ihre gegenseitige Lage rasch ändern, so liegt es nahe, in der Reibung zwischen den Eistheilchen und den Wassertröpfchen die Quelle

der Gewitterelektricität zu suchen. Dies ist um so mehr gerechtfertigt, als in der That die von Faraday über die Ursache der Elektricitäts-erregung bei der Armstrong'schen Dampfselektrifirmaschine angestellten Versuche gezeigt haben, daß durch Reibung von Wassertröpfchen an Eis letzteres positiv elektrisch wird, während bei der Reibung der Wassertröpfchen an andern festen Körpern die letzteren negativ, die Tröpfchen aber positiv werden. Sohndke hat diese Versuche vielfach wiederholt und durchweg bestätigt gefunden. Er macht aber darauf aufmerksam, daß man mancherlei Vorsichtsmaßregeln beobachten muß, wenn man nicht scheinbar widersprechende Resultate erhalten will. Insbesondere bringen mitgerissene Fettpartikelchen von der Hahnanfettung leicht Störungen hervor, und ebensolche entstehen durch Reibung der Tröpfchen am Hauptcanal, wenn man nicht schnell genug aufdreht; dann werden nämlich die Tröpfchen schon hier positiv elektrisch, wodurch die am Eis eintretende entgegengesetzte Erregung ganz oder theilweis verdeckt wird. Je kälter übrigens das Eis ist, desto stärker elektrisch wird es, was mit der Zunahme seines Isolationsvermögens bei abnehmender Temperatur zusammenzuhängen scheint.

Wenn also Luftströme neben einander hinfließen, von denen der eine mit Eistheilchen, der andere mit Wassertröpfchen beladen ist, so werden die Eistheilchen positiv, die Wassertheilchen negativ elektrisch und da es nicht nöthig ist, daß beiderlei Luftströme sich schnell mischen, wie Beobachtungen an rauchbeladenen Luftströmen bei Laboratoriumversuchen darthun, so werden die entgegengesetzt elektrisirten Körper auch rasch auseinander geführt. In diesen Vorgängen liegt nach Sohndke's Ansicht die eigentliche Ursache der Gewitterelektricität.

In der Hauptsache auf dieselbe Weise erklärt Lu vini die Entstehung der Luft- und speciell der Gewitterelektricität, und da er schon vor längerer Zeit der Pariser Akademie eine auf diesen Gegenstand bezügliche Abhandlung vorgelegt hat, so ist er wohl als der Erste zu bezeichnen, der die in den höheren Luftschichten vorhandenen Eistheilchen auf Grund der Faraday'schen Versuche zur Erklärung der Entstehung der Luستهlektricität benutzt hat.¹⁾ Nur macht er bei dem Gewitter Gebrauch von der

1) Die mit der Berichterstattung über Lu vini's Abhandlungen über Hagelbildung und Elektricitätsentwicklung beauftragten Akademiker

Faye'schen Theorie der absteigenden atmosphärischen Wirbel, die keineswegs als bewiesen zu betrachten ist. Allerdings hat Luvini selbst in einer Studie über die Tromben Belege für die Richtigkeit dieser Lehre beizubringen gesucht; unter den aufgeführten Beobachtungen befindet sich aber nur eine einzige, bei welcher die absteigende Bewegung recht deutlich war. Cadwalader-Golden berichtet nämlich in einem Briefe an Franklin, daß er auf einer Reise nach Westindien mehrere Tromben beobachtet habe. Eine derselben, die bei völliger Windstille in einer Entfernung von 30 oder 40 Ruthen langsam beim Schiffe vorüberging, glich einem umgekehrten Kegell, dessen Basis sich in einer schwarzen Wolke befand, während die herabhängende Spitze noch etwa 8 Fuß vom Meeresspiegel entfernt war. Man sah nun deutlich, wie aus der Trombe ein heftiger Wind hervorkam, der eine Vertiefung von ungefähr 6 Fuß Durchmesser auf der Wasserfläche hervorrief, um welche herum sich eine unregelmäßige Erhöhung des Wassers bildete. Uebrigens hat Peltier in seinem bekannten Verzeichniß 15 Wasserhosen aufgeführt, die eine aufwärts gerichtete Bewegung des Wassers zeigten, während es bei nur 8 niedersank; bei 9 Wasserhosen und 13 Windhosen war überhaupt keine Bewegung erkennbar. Auf die hypothetische Vorstellung Faye's vom Herabsteigen atmosphärischer Wirbel stützt sich Luvini nun insofern, als er das Herabsteigen einer Trombe (oder auch mehrerer) mit verticaler oder wenig geneigter Achse für nothwendig zu Erzeugung der Gewitterelektricität hält. Wenn nämlich ein solcher aufsteigender Wirbel, der hinlänglich viel Eisnadeln mit sich führt, in Cumuli eindringt, so wirkt er nach Art einer großen Elektrifirmaschine, deren Kissen die feuchte Luft und deren Scheibe die Eisnadeln bilden, die aber keinen Conductor besitzt.

Analog wie die Erregung der Elektricität bei gewöhnlichen Gewittern denkt sich Luvini dieselbe auch bei den Gewittern, welche Vulcanausbrüche zu begleiten pflegen, nur ist es hier die

Becquerel und Faye hatten in Erwartung weiterer Beobachtungen ihren Bericht lange hinausgeschoben, und inzwischen erschien Luvini's Schrift „Sept études“, Turin 1885, in welcher der Verf. 1. den sphäroidalen Zustand, 2. die Dampfkesselerplosionen, 3. Tromben, 4. Hagel, 5. atmosphärische Elektricität, 6. Lateral-Refraction, 7. Adhäsion von Flüssigkeiten an festen Körpern behandelt.

Reibung zwischen feuchter Luft und vulcanischer Asche, welche wirksam ist.

Ähnliche Ansichten sind auch von Anderen aufgestellt worden. So möchten Andrieß¹⁾ und Liebenow²⁾ eine Hauptquelle der Electricität bei Gewittern in der Reibung der fallenden Wassertropfen gegen den Wasserdampf der Luft sehen, und der Letztere betrachtet auch die Reibung des atmosphärischen Wasserdampfes an dem feuchten Erdboden und der Meeresoberfläche als Quelle der Lustelectricität.

Elster und Geitel³⁾ lassen die Frage nach dem eigentlichen Ursprung der Gewitterelectricität dahingestellt; als Hauptquelle derselben betrachten sie die gewöhnliche elektrische Spannung der Atmosphäre, die bei heiterem Himmel mit solcher Regelmäßigkeit auftritt, daß die Annahme sehr nahe liegt, daß dieselbe ihren Ursprung nicht der Electricität der Gewitterwolken verdankt, sondern, daß umgekehrt die letztere aus der ersteren abzuleiten ist. Nach Peltier's Beobachtungen wird diese atmosphärische Ladung mit zunehmender Höhe geringer. Die Leichtigkeit, mit welcher elektrisch geladene Gase ihre Ladung an leitende Körper abgeben, rechtfertigt die Annahme, daß auch die atmosphärische Electricität auf die Wassertheilchen der Wolke übergeht. Die Wolkenelectricität wird daher, gleich der atmosphärischen, für gewöhnlich positiv sein. In der That giebt auch Palmieri an, daß die Lustelectricität bei bewölktem Himmel, sowie auch die des Nebels, sofern keine Regenbildung eintritt, stets positiv ist, zuweilen sogar stärker als bei unbewölktem Himmel. Wie aber der Vorgang sich bei Regenfall gestaltet, das erläutern Elster und Geitel durch folgenden Versuch.

Ein etwa 50 cm langes und 8 cm weites, beiderseits offenes cylindrisches Metallrohr A ist in verticaler Lage isolirt angebracht. In dasselbe läßt sich an einem isolirenden Handgriff ein kleines cylindrisches Metallgefäß B von 15 cm Höhe und 4 cm Durchmesser von oben her einschieben, das mit einer engen, nach unten gerichteten Abflußröhre versehen ist. Wird nun dem Rohre A eine elektrische Ladung + E ertheilt und

1) Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie. Jahrgang XII, Heft 1 u. 2 (1884).

2) Der Naturforscher. Jahrg. XVII, Nr. 50.

3) Wiedemann's Ann. Bd. 25, S. 116 u. 121.

das mit Wasser gefüllte Gefäß B isolirt darüber gehalten, so werden die durch das Rohr A fallenden Wassertropfen negativ elektrisch und die Röhre B selbst wird positiv erregt, und zwar in außerordentlich kurzer Zeit fast zur Spannung auf A. Senkt man nun B schnell in A hinab und läßt beide Röhren einen Augenblick in Berührung, so geht die Ladung von B fast vollständig auf A über, und A ist nun stärker geladen. Wiederholt man den Versuch, so ist auch die Influenzwirkung von A auf B stärker und es findet so eine rasche Steigerung der Ladung von A statt.

Ganz analog kann man sich den Vorgang in der Gewitterwolke denken. Der untern Schicht sei eine gewisse positive Ladung ertheilt, die man sich von der atmosphärischen Electricität herkommend vorstellen kann, die ja in geringerer Höhe am stärksten ist. So lange die Wolke nicht regnet, wird diese Electricität nahezu an derselben Stelle verharren oder auch, je nach dem Grade der Leitungsfähigkeit der Dunstmassen, sich langsam über die ganze Wolke verbreiten. Sobald aber in den kalten höheren Regionen die Tropfenbildung anfängt, wird die Wolke, soweit sie regnet, positive Electricität annehmen, und zwar, wenn die Regenbildung in nicht zu großer Höhe über der elektrischen Schicht beginnt, von nicht viel geringerer Spannung als die der letzteren. Die negativ elektrischen Tropfen fallen durch die untere influenzirende Schicht auf die Erde. Nun muß aber weiter auch die mit der Regenbildung verbundene Oberflächencontraction noch eine Steigerung der Spannung hervorrufen. „Indem die ganze vorher positiv influenzirte Wolkenmasse sich zusammenballt, und die einzelnen Dunsttheilchen zu größeren Tröpfchen zusammenfließen, wird die Electricität mit wachsender Spannung auf einen kleineren Raum beschränkt und muß auf die unterdessen neu entstandenen Wolkenmassen von neuem, aber kräftiger influenzirend wirken. Sobald auch in diesen die Regenbildung beginnt, wiederholt sich derselbe Vorgang; durch weiteres Zusammenballen der Wolken tritt eine neue Spannungserhöhung ein. Man kann sich sehr wohl vorstellen, daß auf diese Weise die Spannung einer regnenden Wolke bis zur Blitzentladung gesteigert werden kann.“

E. Suchsland betrachtet in der bereits erwähnten Schrift die elektrischen Meteore als strenge Analogie zur Volta'schen

Säule, und das mechanische Aequivalent für die in den Gewitterwolken auftretende hohe elektrische Spannung erkennt er in der die Gewitter begleitenden Abkühlung, als deren wichtigste Folge bei besonders starker elektrischer Spannung der Hagel auftritt. Er definirt demgemäß

die Gewitterwolken als Volta'sche Conglomerate kleinster absoluter Gaselemente mit zwischengelagerter Flüssigkeit;

die Hagelwolken als Gewitterwolken mit ungewöhnlich hoher elektrischer Spannung;

die Lustelektricität als Influenzwirkung von elektrischen Polen, welche sich in der ruhigen Atmosphäre, als einem Volta'schen Conglomerat kleinster absoluter Gaselemente mit zwischengelagertem Wassergas und wenig Flüssigkeit, stets vorfinden.

Die elektrische Erregungs- und Leitungsfähigkeit des atmosphärischen Wassers wird durch geringe Mengen Salpetersäure noch erhöht.

In den Gewitterwolken sind die einzelnen Wasserkörperchen derart in Luft eingehüllt, daß eine unmittelbare Berührung und demnach ein Zusammenfließen nicht eintritt. Bei sogenannten Wolkenbrüchen mag dagegen eine solche plötzliche Vereinigung der Wassertheilchen stattfinden. Das Gemenge von Luft- und Wassertheilchen betrachtet nun unser Autor als ein Volta'sches Conglomerat absoluter Gaselemente. Ein „Volta'sches Conglomerat“, aus andern Elementen bestehend, stellte er sich in der Weise her, daß er eine größere Anzahl Schrotkörner und Zündhütchen (ohne Füllung) zusammenklopste und kleine Kugeln angefeuchteten Seidenpapiers unter diese Elemente mischte. Als er dann alles zusammen in Kugelform in einen Schleier band, zeigte das Conglomerat zwei Pole, bei deren Berührung das Galvanometer eine besonders starke Ablenkung erfuhr. In ähnlicher Weise also stellt sich Suchsland die Wolke vor: die Sauerstoff- und Stickstofftheilchen bilden die kleinen Volta-Elemente, die Wasserkügelchen die Leiter. So lange nun die Wolke in der Bildung begriffen ist, werden an den verschiedenen Stellen elektrische Spannungen verschiedener Größe auftreten. Von einer gewissen „kritischen“ Intensität an werden aber die Elektricitätscentren activ, indem sie die benachbarten Luftatome nach ihrer Polarität ordnen. Geordnet verstärken dann ihrerseits die benachbarten absoluten Gaselemente das active Elektricitätscent-

trum, und so bildet dieses einen Gewitterherd, von dem aus die ganze Wolke, soweit sie durch genügende Einlagerung von Wasserfögelchen dazu fähig ist, mit wachsender Geschwindigkeit in ein actives Volta'sches Conglomerat verwandelt wird.

Die Größe der Spannung an den Polen hängt ab von der Größe der Wolke, der Menge der eingelagerten Wasserfögelchen und von der ersten Lagerung der absoluten Gaselemente.

Nimmt in der Wolke die Spannung statischen Charakter an, so wirken die feuchten Schichten als Elektroden, es entstehen Spannungsausgleiche und dadurch Blitze; letztere bestehen aus Elektricität, welche von Tropfen zu Tropfen überspringt. Sie sind, wenn sie in ein und derselben Wolke überschlagen, nicht als compacte Masse, sondern als Büschel zu denken. Fehlen zwischen den Polen die leitenden Stellen und hat die Wolke wirklich eine scharfe Grenze, was in der Regel nicht der Fall ist, so üben die Pole nur Influenzwirkung. Durch solche Wolken entstehen Blitze, die in die Erde oder von Wolke zu Wolke schlagen; dieselben haben keine Büschelform, sondern sind massige elektrische Funken. Hat endlich eine active Gewitterwolke außerhalb wie innerhalb leitende Stellen, so schlagen die Blitze zunächst da über, wo der geringste Widerstand ist, aber im andern Theile werden Inductionsströme erregt, welche die primären Blitze an Intensität noch übertreffen. Reicht endlich die Gewitterwolke bis zur Erde, so kann der eine elektrische Pol auch auf der Erde sein, und wir erhalten die Erscheinung des Kugelblitzes. Suchsland hält die Kugelblitze „für die elektrischen Pole der betreffenden Gewitterwolke. Daher die scheinbare Leichtigkeit, daher die langsame Bewegung, daher endlich auch die Verschiedenheit in den mechanischen Wirkungen. Der positive Pol ist, analog den verästelten Lichtenbergischen Figuren, welche durch die positive Elektricität hervorgerufen werden, der zerstörende, der negative Pol der weniger gefährliche Feuerball.“

Eine der merkwürdigsten, mit dem Gewitter zusammenhängenden Erscheinungen ist die Vermehrung der Blitzgefahr in den letzten Jahrzehnten. Schon früher, Jahrg. VIII, S. 191 und XXI, S. 230, ist dieser Thatsache in diesem Jahrbuche gedacht worden. Seitdem sind wieder mehrere Arbeiten über das gleiche Thema veröffentlicht worden, unter denen wir besonders die von Leuthold über „die Häufigkeit der Blitz-

schläge im Königreich Sachsen“¹⁾ erwähnen. Hiernach betrug die durchschnittliche jährliche Anzahl der Blitzschläge auf Gebäude

in den 5 Jahren

1844—48	. . . . .	19·0
1849—53	. . . . .	42·6
1854—58	. . . . .	45·6
1859—63	. . . . .	66·4
1864—68	. . . . .	103·0
1869—73	. . . . .	124·0
1874—78	. . . . .	157·2
1879—83	. . . . .	200·4.

Es hat also in den erwähnten 5jährigen Perioden eine beständige Zunahme der Blitzschläge auf Gebäude stattgefunden, und seit 1859, wo die Aufzeichnungen sicherer sind, hat sich die Zahl mehr als verdreifacht.

Was nun die Erklärung dieser Zunahme anlangt, so sind darüber die Meinungen noch sehr getheilt. Prof. v. Bezold nimmt dafür gewisse zwischen einem Maximum und einem Minimum schwankende Perioden an und glaubt, daß wir uns gegenwärtig in der Nähe eines Maximums befinden. Er gedenkt dabei der Möglichkeit eines Einflusses des wechselnden Fleckenstandes der Sonne, der ja neben der kürzeren elfjährigen Periode auch noch eine längere von 54 Jahren zeigt. In der That zeigt die Blitzgefahr in Bayern ein periodisches Wachsen und Abnehmen in einer kürzeren 6 bis 8 jährigen Periode und daneben ein fortwährendes Aufsteigen der Maxima und Minima. Deutlicher noch als für Bayern tritt dies im Königreich Sachsen hervor, wie das Diagramm Fig. 19 darthut, in welchem A A die Blitzgefahr für das Königreich Sachsen, B B für Bayern und C C für die Provinz Sachsen darstellt. Freilich läßt sich ein Zusammenhang mit der Sonnenfleckenperiode zunächst kaum daraus erkennen, und deshalb bemerkt auch Freyberg, dessen Arbeit²⁾ die Figur entlehnt ist, daß der von v. Bezold vermuthete Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Blitzschläge, beziehentlich dem Verlauf der Blitzgefahr und

1) Der Civilingenieur. Jahrg. 1886, S. 1.

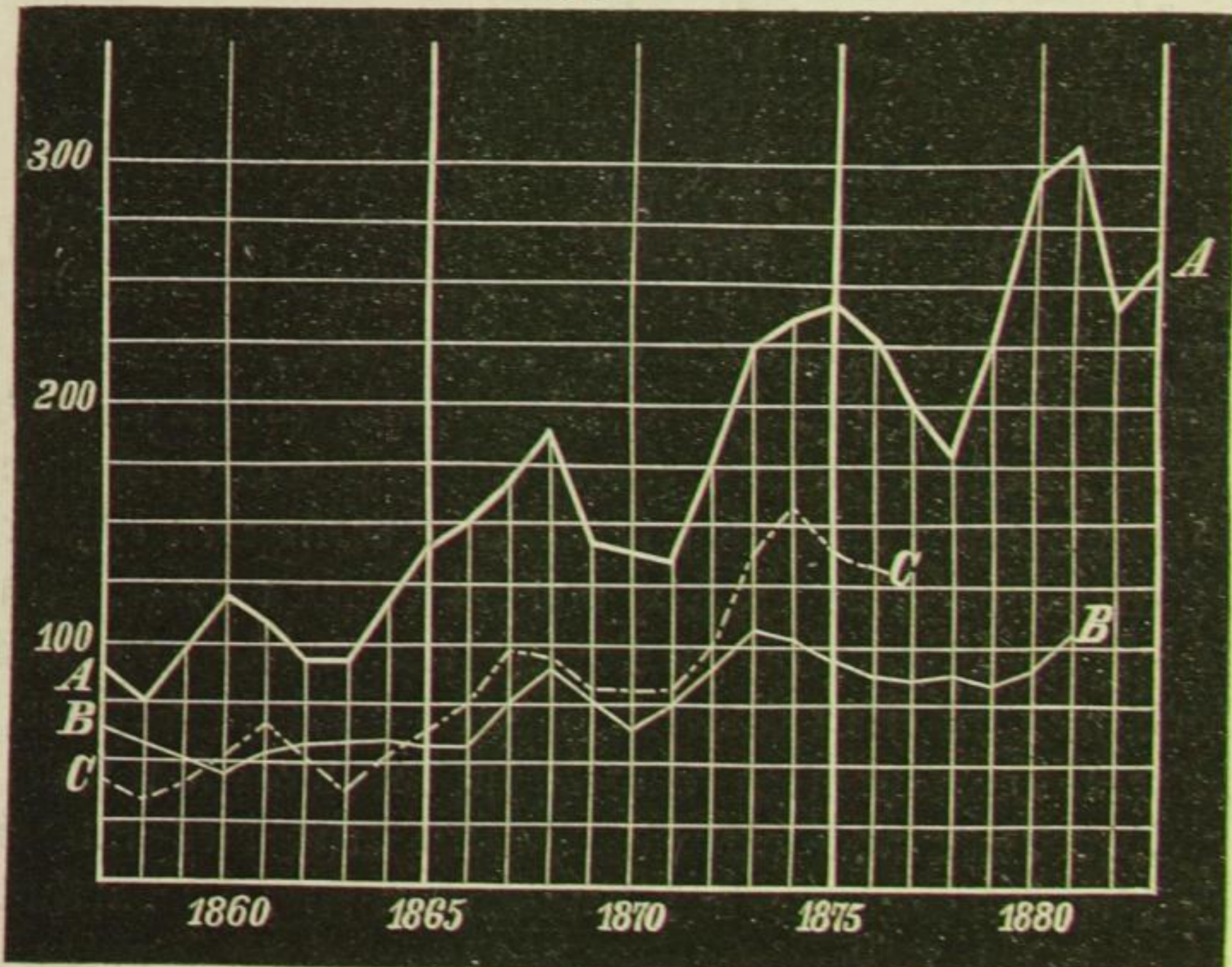
2) Elektrotechn. Ztschr. 1885, S. 369.

dem Auftreten der Sonnenflecke hier „nur theilweise Bestätigung“ finde.

Nach der Ansicht des Prof. Karsten ist die Abnahme der Waldungen in Deutschland als Ursache der steigenden Blitzgefahr zu betrachten, einmal weil die Entwaldung zur Steigerung der Sommerhitze und damit auch zur Vermehrung der Häufigkeit und Heftigkeit der Gewitter beiträgt, dann aber auch, weil mit dem Verschwinden der Bäume mehr und mehr die Gebäude die hervorragenderen Gegenstände in einer Landschaft bilden, also auch der Blitzgefahr mehr ausgesetzt werden.

Von anderer Seite hat man die Ursache in der Vermehrung solcher Einrichtungen wie metallene Gas- und Wasserlei-

Fig. 19.



tungen, Wetterfahnen zc. gesucht. Nun ist aber die Zunahme der Blitzgefahr besonders auffällig bei ländlichen Gebäuden, die nur selten mit solchen Einrichtungen versehen sind, während bei städtischen Gebäuden die Blitzgefahr weniger gewachsen ist.

Mögen darum auch immer die erwähnten Ursachen bis zu einem gewissen Grade mit wirksam sein; ganz zu erklären vermögen sie die rasche Zunahme der Blitzgefahr in einem verhältnißmäßig so kleinen Zeitraum nicht. Zur Erklärung einer so allgemeinen Erscheinung bedarf es jedenfalls einer großen,

weitverbreiteten Ursache, durch welche die elektrische Spannung bei Gewittern so vermehrt wird, daß eine größere Zahl von Blitzen zur Erde überspringt als früher. Denn nicht sowohl die wachsende Zahl als die steigende Hestigkeit der Gewitter scheint die Vermehrung der Blitzgefahr hervorzurufen. Dr. P. Andries glaubt ¹⁾ nun die Hauptursache gefunden zu haben in der seit 50 Jahren stattgefundenen enormen Vermehrung der Fabriken, Locomotiven, Dampfschiffe, kurz aller Einrichtungen, welche die Atmosphäre mit Rauch, mit Dämpfen und Staubtheilen aller Art erfüllen. „Wenn man bedenkt, daß tagtäglich Tausende von Locomotiven, Tausende von Dampfmaschinen die Erde umkreisen, daß ebenso Tausende von Fabriken aller Art Tag für Tag kolossale Mengen von Rauch, von Dämpfen und Staubtheilen in die Luft senden, daß besonders in den Städten die enorm gewachsene Zahl der Häuser ebenfalls täglich ungeheure Rauch- und Staubmengen absondert, so wird die Behauptung kaum übertrieben erscheinen, daß in der Gegenwart gewiß hundertmal mehr Staub, Rauch und Gase gebildet und von der Atmosphäre aufgenommen werden als vor 50 Jahren. Jedenfalls wird zugestanden werden müssen, daß in der Jetztzeit die Verunreinigung der Atmosphäre infolge der Dampfmaschinen und der Fabriken ungleich viel größer sein muß als vor Jahrzehnten.“

Um nun aus dieser Vermehrung der Staubtheilchen in der Luft die steigende Hestigkeit der Gewitter in den letzten Jahrzehnten zu erklären, erinnert Andries daran, daß jetzt vielfach die Reibung als vornehmste Ursache der Gewitterelektricität betrachtet wird, entweder die Reibung zwischen Luft und Eisnadeln oder diejenige zwischen Luft und Wasserkügelchen oder auch zwischen Wasserdampf und Wasser. Sind nun noch Staubtheilchen in der Luft vorhanden, so werden dieselben eine Steigerung der Reibung und damit eine vermehrte Elektricitätsentwicklung zur Folge haben, wie auch Luvini angegeben hat und wie dies am besten durch die ungewöhnlich heftigen Gewitter bewiesen wird, welche Vulcanausbrüche begleiten, bei denen neben Wasserdampf auch feine Aschentheilchen massenhaft ausgeworfen werden. Auch erinnert Andries noch an die merkwürdige Erscheinung der Elektrisirung der Cheops-Pyramide

1) Petermann's Mittheilungen, Febr. 1886, S. 55.

durch emporswirbelnden Wüstenstaub, wobei nur die Reibung der Sandkörnchen am Boden und an der Pyramide Ursache der Electricitätsentwicklung sein kann. Andries nimmt aber bei Gewittern auch noch eine Wirbelbewegung der Luft an, indem er behauptet, daß die ebenso rasche wie enorme und langdauernde Electricitätsentwicklung bei Gewittern ohne eine solche rein mechanische Ursache nicht erklärlich sei. Ist nun unsere Atmosphäre gegenwärtig außerordentlich viel mehr mit feinen Staubtheilchen erfüllt, als in früheren Jahrzehnten, so muß dies von großem Einfluß auf die Intensität der elektrischen Erscheinungen bei Gewittern sein, und es müssen sich in dieser Hinsicht unsere heutigen Gewitter zu denen früherer Zeiten ähnlich verhalten, wie ein Gewitter bei einem Vulcanausbruch zu einem gewöhnlichen.

Dazu kommt noch ein anderer Umstand; N a h r w o l d hat nämlich nachgewiesen, daß das Vorhandensein fester Körperchen in der Luft die Leitung der Electricität sehr erleichtert und daß der Staub in der Luft durch Reibung elektrisch wird. Andries glaubt nun, daß infolge der größeren Leitungsfähigkeit der staubhaltigen Luft der elektrische Funke viel öfter von einer Gewitterwolke zur Erde als von einer Wolke zur anderen geht. Zwar wird wohl auch diese größere Leitungsfähigkeit in Etwas zur Verminderung der elektrischen Spannung beitragen; Andries meint aber, daß die etwas erhöhte Leitungsfähigkeit nur eine kleine Rolle spielt gegenüber der überaus heftigen und ebenfalls durch Staub beschleunigten Entwicklung der Gewitterelectricität; „und wenn selbst beide Factoren in ihren Wirkungen sich aufhoben, so bliebe immer noch das durch den größeren Staubgehalt erleichterte Ueberspringen des Blitzes nach der Erde hin übrig“.

Als Bestätigung für die Richtigkeit seiner Theorie führt Andries die Erfahrungen an, die im Sommer 1783 gemacht worden sind. Damals war über ganz Europa ein dichter Staubnebel verbreitet, den man mit den Vulcanausbrüchen in Island und Calabrien in Verbindung brachte. Man bemerkte nun, so berichtet R ä m t z, „allemaal einige Abnahme des Nebels nach Gewittern . . . Man glaubte indessen, ihn wegen der zahlreichen Gewitter, die sich durch häufiges Einschlagen auszeichneten, elektrisch nennen zu können. Die vielen Fälle, wo

Häuser, Bäume und Menschen getroffen wurden, veranlaßten zu dem Schlusse, daß die Gewitter sich in sehr geringer Höhe über der Erde befänden und gleichsam in dem dichten Nebel selbst entstehen müßten. Dabei waren die Gewitter zugleich ungewöhnlich heftig." Auch die von Esph erwähnte Thatsache, daß in Florida als Folge der zur Erzeugung von Regen absichtlich angezündeten Schilfgrasfelder zuweilen vollständige Gewitter ganz localer Natur entstehen, betrachtet Andries als eine Bestätigung seiner Ansicht.

Die Versuche, welche Lodge über das Niederschlagen von Staubtheilchen in geschlossenen Räumen durch Electricität angestellt haben, werfen ein helles Licht auf die Bedeutung der Gewitterelectricität für die Reinigung der Luft. Als nämlich Lodge durch einen Raum, welcher durch Verbrennen von Magnesium mit dichtem Magnesiumrauch gefüllt worden war, einen elektrischen Strom gehen ließ, wurde der Rauch rasch in wirbelnde Bewegung versetzt, ballte sich zusammen und setzte sich binnen weniger Secunden in großen zusammenhängenden Flocken und Ketten auf den Boden und an den Wänden des Gefäßes ab. Derselbe Erfolg trat bei einer anderen Art Rauch ein, und ebenso gelangen die Versuche, die später Walker in einer Blei-gießerei anstellen ließ. Der Rauch der Schmelzöfen wurde in verschließbare hölzerne Rauchfänge geleitet, und als man nun einen starken elektrischen Strom von zahlreichen Spitzen aus einleitete, erfolgte auch hier das Zusammenballen des Rauches zu Flocken und Niederfallen derselben so schnell, daß der Raum in überraschend kurzer Zeit völlig rauchfrei war. In ähnlicher Weise haben wir uns auch die Wirkung der zahlreichen Blitze während eines Gewitters vorzustellen.

Wenn wirklich durch den größeren Staubgehalt der Atmosphäre alle elektrischen Erscheinungen in der letzteren gegenwärtig mit größerer Intensität und häufiger auftreten als früher, so muß sich dies auch bei den Nordlichtern kund geben: dieselben müssen häufiger und glänzender auftreten als früher. Andries macht nun zwar auf verschiedene Umstände aufmerksam, die dafür zu sprechen scheinen, gesteht aber, daß dieser Punkt noch einer speciellen Untersuchung bedarf.

III.

Chemie und chemische Technologie.

Gustav Martin Wunder.

Geboren den 26. October 1830 in Meißen.

Gestorben den 20. September 1885 in Chemnitz.

Wenn diesmal der chemische Theil des „Jahrbuchs der Erfindungen“ mit einigen biographischen Notizen über Gustav Martin Wunder eröffnet wird, so ist dies die einfache Erfüllung einer Ehrenpflicht gegen den so früh und so plötzlich der Wissenschaft, seinem Wirkungskreise und den Seinen Entziffenen, gegen den Mann, welcher diesem Jahrbuche einst so nahe gestanden hat.

G. M. Wunder wurde in Meißen geboren, absolvirte die dortige Fürstenschule und bezog hierauf die Universität Leipzig, wo er sich dem Studium der Mathematik und Naturwissenschaften, insbesondere aber der Chemie, widmete. Seine erste Stellung fand er an demselben Laboratorium, in welchem er als Student gearbeitet hatte, als erster Assistent des Professors Erdmann. Nachdem Wunder noch in Leipzig die Würde des Dr. phil. sich erworben hatte, verließ er für ein und ein halbes Jahr Deutschland, um in Paris neue Studien zu treiben, einen neuen Wirkungskreis zu gewinnen. Zuerst führte er unter Bille und Fremy wissenschaftliche Arbeiten aus; alsdann erhielt er Anstellung als préparateur de chimie an der polytechnischen Schule und hörte gleichzeitig die Vorlesungen berühmter Gelehrter wie Regnault, Payen, Persoz, Peligot und Boussingault. Nach seiner Rückkehr nach Deutschland besuchte Wunder zunächst noch die Universität Jena, wurde aber im Jahre 1856 als Lehrer der Che-

mie an der Kgl. Gewerbeschule zu Chemnitz, sowie als Chemiker an der eben daselbst befindlichen landwirthschaftlichen Versuchstation angestellt. Letzgenannte Thätigkeit kam einige Jahre später in Wegfall. 1865 erhielt er den Professortitel, 1866 wurde er erster Lehrer der Chemie an der genannten höheren Gewerbeschule. Zahlreiche Instructionstreisen innerhalb Deutschlands, sowie nach England, Frankreich, Oesterreich, der Schweiz u. s. w. erweiterten seine Fachkenntnisse, für deren Umfang und Bedeutung seine Berufung in die Jury bei der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 Zeugniß ablegt. 1875 wurde ihm fernerhin die Ausarbeitung von Vorschlägen zur Errichtung eines neuen Laboratoriums für die technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz übertragen; diese Vorschläge gelangten zur Annahme und Ausführung, und zweifellos gehört die Einrichtung des nunmehr seit 1878 benutzten Laboratoriumsgebäudes zu den besten und zweckentsprechendsten, welche es giebt. Kurz darauf wurde ihm die Organisation einer Staatsgewerbeschule in Reichenberg in Böhmen übertragen, zu deren Director er 1876 ernannt wurde. Aber schon 1877 berief ihn die sächsische Regierung, unter Ernennung zum Director der technischen Staatslehranstalten und zum ersten Lehrer für Chemie an denselben, nach Chemnitz zurück. 1878 erhielt er den Titel „Regierungsrath“, 1879 wurde er zum ordentlichen Mitgliede der technischen Deputation des Kgl. Sächs. Ministeriums des Innern ernannt. Trotz der, bei dem Umfange und der eigenthümlichen Einrichtung der technischen Staatslehranstalten höchst schwierigen und aufreibenden Directionsgeschäfte, vermochte Wunder dennoch vielfach als Regierungskommissar und in seiner Stellung als Director organisatorisch thätig zu sein; insbesondere hat er bis zu seinem Lebensende in den Einrichtungen der ihm unterstellten Lehranstalten wesentliche Verbesserungen getroffen, neue Abtheilungen begründet und in jeder Weise Ruf und Leistungsfähigkeit der Schule zu erhöhen gewußt. Seine Gesundheit wurde von solch fortdauernd ruheloser Thätigkeit angegriffen; ein Herzschlag machte nach kurzer Krankheit dem Leben des allverehrten Mannes am 20. September 1885 ein Ende.

Vielseitig wie der Studiengang Wunder's, wie seine Thätigkeit und seine Interessen, sind auch seine wissenschaftlichen Arbeiten. Auf dem Gebiete der anorganischen und organischen,

der analytischen und technischen Chemie, des Erziehungs- und Unterrichtswesens ist der zu früh Geschiedene thätig gewesen, und wenn die Zeit seiner wissenschaftlichen Arbeiten in der Hauptsache auf die Jahre von 1854 bis 1879 beschränkt geblieben ist, also auf einen immerhin 25 jährigen Zeitraum, so ist hieran nur die Ueberbürdung mit Amts- und Directions- geschäften schuld, welchen der Verstorbene sich mit so hingebendem Eifer und solcher Aufopferung unterzog, daß er seinem Wunsche nach schöpferisch wissenschaftlicher Thätigkeit nicht Raum gewähren konnte. Nur dieses Jahrbuch hat er bis wenige Jahre vor seinem Tode in seinem chemischen Theile bearbeitet; es verdankt seinen umfassenden Kenntnissen, seinem klaren Geiste, seiner gewandten Feder die Abschnitte über Chemie und chemische Technologie in den Jahrgängen 1875 bis mit 1882. Somit dürfte auch gerade in diesem Jahrbuche der rechte Ort sein für eine Zusammenstellung sämtlicher durch Druck veröffentlichter Arbeiten Wunder's, welche wir, freilich mit Beschränkung auf die Titel derselben, hier folgen lassen.

Verzeichniß der wissenschaftlichen Arbeiten von G. M. Wunder in chronologischer Reihenfolge.

Kürzungen: J = Journal für praktische Chemie; L. V. = Die landwirthschaftliche Versuchsstation; A = Amtsblatt für die landwirthschaftlichen Vereine.

1854. J. 61. S. 498—499. Ueber die Darstellung der wasserfreien organischen Säuren.
1855. J. 64. S. 499—501. Notiz über die bei der Destillation ätherischer Oele übergehenden sauren Wässer.
1859. L. V. 1. S. 94—95. Ueber Oele aus verschiedenen Oelfrüchten. — S. 175—176. Ueber ein vom Hüttenrauch getroffenes Heu.
1860. J. 80. S. 231—240. Ueber Leuchtgas. — A. 8. S. 14. Ueber das Vermischen des Guanos mit Asche. — L. V. 2. S. 104—112. Ueber die in dem Boden enthaltenen Lösungen.
1861. A. 9. S. 65. Ueber den Baker-Guano. — L. V. 3. S. 19—30. Ueber die Zusammensetzung der Turnipspflanze in den verschiedenen Perioden ihrer Vegetation. — S. 127—128. Nachtrag zu vorigem Aufsatz. — S. 158—161. Ueber die Mineralbestandtheile in Plumula und Radicula der keimenden Turnipsamen.
1862. A. 10. S. 29. Löslichkeit des Baker-Guano im Verhältnisse zu feinem Knochenmehl in Wasser und in Verbindung mit Chlorcalcium. — L. V. 4. S. 113—117. Ueber den Gehalt an ver-

schiedenen Mineralsubstanzen in normal entwickelten und ver-
kümmerten Turnipspflanzen. — S. 264—269. Ueber den Ein-
fluß des Bodens auf den Gehalt der Turnipspflanze an ver-
schiedenen Mineralstoffen.

1863. A. 11. S. 51. Analysen diverser Düngemittel. — L. V. 5. S. 34
—39. Ueber die Lösungen im Boden.
1864. A. 12. S. 13—15. Ueber die Veränderungen, welche das Holz
beim Flößen erleidet (desgl. in L. V. 6. S. 9—15). — S. 45—46.
Ueber die Zusammensetzung verschiedener im Handel vorkommen-
der Knochenmehle.
1865. L. V. 7. S. 74 Berichtigung.
1867. A. 15. S. 88—89. Die Düngung mit Kaïnit. — Als Buch er-
schienen: Der Kalkwerkbetrieb Sachsens und die Ursachen der ver-
schiedenen Kalkpreise in Sachsen, Leipzig 1867 (in Gemeinschaft
mit A. Herbrig und A. Cunitz).
1870. J. (N. F.) 1. S. 452—480. Ueber die Bildung von Krystallen
in der Borax- und Phosphorsalzperle. — 2. S. 206—212. Ueber
den Isotrimorphismus des Zinnoryds und der Titansäure und
über die Krystallformen der Zirkonerde. — Programm der höhe-
ren Gewerbeschule, Chemnitz: Beobachtungen über die Bildung
von Krystallen in Glasflüssen bei Behandlung derselben vor dem
Löthrohr.
1871. J. 4. S. 339—349. Ueber die aus Glasflüssen krystallisirenden
Zinn- und Titanverbindungen.
1873. Dtsch. Industrieztg. 14. S. 372. 384. Die Farbwaaren auf der
Wiener Ausstellung. I. Ultramarin. II. Theerfarben.
1879. Programm der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz: die
Vorbereitung für den Eintritt in die chemische Technik (auch in
Buchform bei M. Büß in Chemnitz erschienen). — Das Labora-
torium der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz.
- 1875—1882. Chemischer Theil des „Jahrbuchs der Erfindungen“, Leip-
zig, Quandt u. Händel.

Die Elemente und einige Verbindungen derselben.

Das Wasser und seine Reinigung.

Die Beschaffenheit des natürlich vorkommenden Wassers ist eine sehr verschiedene je nach den in ihm suspendirten oder gelösten Stoffen. Der Unterschied zwischen süßem und Meerwasser ist bereits seit den ältesten Zeiten bekannt; aber erst die Neuzeit hat die physikalische und chemische Beschaffenheit beider Wassergattungen näher festzustellen vermocht. Dasselbe gilt von dem süßen Wasser allein: auch dieses ist nicht stets dasselbe, sondern ändert außerordentlich oft und geschwind seine Beschaffenheit an demselben Orte und ist sehr verschieden beschaffen an verschiedenen Orten. Als eine dritte Art des Wassers gesellt sich das Regenwasser hinzu, welches, dem Wasservorrath der Erde entstammend, den letzteren stets wieder zu ergänzen bestimmt ist. Mit den gewöhnlich gemachten Annahmen, daß Regenwasser und Quellwasser am reinsten, Fluß- und Seewasser, vom Meerwasser ganz abgesehen, am unreinsten seien, kann sich die Wissenschaft ohne weiteres keineswegs einverstanden erklären; aber so weit sie auch in der Erkenntniß der die Verschiedenheiten, die Brauchbarkeit und Unbrauchbarkeit des Wassers, bedingenden Ursachen und der physikalischen wie chemischen Beschaffenheit jeder Wasserforte gelangt ist, noch immer bleibt ihr manches aufzuklären übrig, noch immer bildet das Wasser einen ergiebigen Gegenstand für physikalische wie chemische Studien. In erster Linie sind diese Studien auf Lösung praktischer Fragen gerichtet, insbesondere der Fragen, wie das Wasser für bestimmte Zwecke des Lebens und der Technik beschaffen sein muß, und wie man aus zu solchen Zwecken ungenügendem Wasser ein brauchbares zu erzeugen im Stande ist. Diesen praktischen Fragen wenden wir uns denn auch hier zu und

verweisen gleichzeitig auf die ausführlichen Darlegungen über Trinkwasser und chemische Reinigung des Wassers in diesem Jahrbuche Bd. 14. 1878. S. 304—348 und S. 348—389. Wir besprechen zunächst allgemeinere Fragen und gehen dann auf die verschiedenen Reinigungsmethoden ein.

Ueber die hygienische Beurtheilung von Trink- und Nutzwasser, sowie über die Chemie des Trinkwassers liegen ausführliche Untersuchungen und Berichte von G. Wolffhügel und F. Tiemann¹⁾, von S. A. Post²⁾ und von W. Odling³⁾ vor, denen wir die folgenden Angaben entnehmen. Was zunächst die Quellen der Wasserversorgung anbetrifft, so ist für städtische Wasserversorgung hauptsächlich an drei Ursprungsarten des Wassers zu erinnern: Quellwasser, Flußwasser und Seewasser (Teichwasser, Wasser aus Bassins u. s. w. mit inbegriffen). Jede Art der drei genannten Wasserversorgungsquellen hat ihre Vorzüge und Mängel und kann je nach den örtlichen Umständen nützlich oder schädlich sein. Keines Wasser im chemischen Sinne ist Wasserstoffoxyd von der Formel H_2O . Das Wasser der Natur ist aber, abgesehen von mechanischen Verunreinigungen, eine Lösung verschiedener Mineralsubstanzen, organischer Stoffe und Gase in chemisch reinem Wasser. Einige von diesen gelösten Stoffen sind schädlich, eine größere Menge derselben ist unschädlich, einige Salze und Gase sind sogar nützlich. Für den täglichen Gebrauch wollen wir kein chemisch reines Wasser haben, sondern nur ein solches, welches frei von gesundheitschädlichen Stoffen ist, dagegen einen gewissen Betrag jener angenehmen oder nützlichen Stoffe enthält. Mithin ist das reine oder gute Trinkwasser durchaus nicht mit chemisch reinem Wasser zu verwechseln, welches letzteres keineswegs ein gutes Trinkwasser sein würde. Ein gutes Trinkwasser muß geruchlos sein; weder fade, noch vorherrschend nach einem Bestandtheile schmecken; Klarheit, Farblosigkeit und eine erfrischende, während verschiedener Jahreszeiten nur wenig schwankende Temperatur besitzen und endlich gewissen chemischen Bedingungen, die sich auf die

1) Journal für Gasbeleuchtung 26. 1883. S. 841. 884.

2) Chem. Centralblatt [3] 15. 1884. S. 68.

3) Chem. News. 50. 1884 p. 203.

Natur und Menge der gelösten Stoffe beziehen, genügen. Den Begriff der Reinheit des Wassers muß, wie schon hervorgehoben wurde, die Wasserversorgung weiter fassen als die Chemie. Atmosphärische Niederschläge, die Atmosphäre selbst, die Theile des Erdreichs, mit denen Wasser in Berührung kommt, alles das dient dazu, dem Wasser einen gewissen Gehalt an fremden Stoffen zu ertheilen, der nicht immer als schädlich anzusehen ist. Jedenfalls soll der Gesamtgehalt an festen Stoffen kein zu hoher sein und nur innerhalb enger Grenzen schwanken. Ein an und für sich ganz gutes Trinkwasser kann unbrauchbar oder schlechter werden, wenn es mit Gesteins- und Bodenarten bestimmter Art in Berührung kommt, oder wenn es einem Brunnen entnommen wird, der in der Nähe von Wohnungen sich befindet, oder wenn es durch schlechte Leitungsröhren der Stelle des Gebrauchs zugeführt wird. Es wird also stets nothwendig sein, nicht bloß das Wasser am Platze der Verwendung zu analysiren, sondern man muß es an der Ursprungsstelle untersuchen, um einen sicheren Anhalt für eine Beurtheilung desselben zu gewinnen. Früher stellte man bei Prüfung und Begutachtung des Wassers allgemein gültige Grenzzahlen auf. So verlangte man z. B. das Trinkwasser solle nicht mehr als 500 mg Trockenrückstand aus 1 Liter hinterlassen. Solche Vorschriften sind aber werthlos, weil örtliche und zeitliche Verhältnisse, Zusammensetzung des Rückstands u. s. w. dabei außer Acht bleiben. Wichtig wäre allein, wenn sämtliche Analytiker nach einheitlichen Methoden arbeiteten und die Resultate mit Angabe von Ort, Jahreszeit, Gebirgsart, besonderen Umständen u. s. w. nach einheitlichem Plane veröffentlichten, so daß schließlich nach einer Reihe von Jahren aus einer Zusammenstellung dieser Resultate Vergleichswerthe für jede Art von Wasser (Quell-, Flußwasser u. s. w.) unter jedem Verhältnisse (Urgebirge, Kalkgebirge, Brunnen in der Nähe von Wohnungen u. s. w.) und für jede Jahreszeit entnommen werden könnten.

Was im Allgemeinen über die chemische Beschaffenheit eines guten Trinkwassers gesagt werden kann, beschränkt sich auf folgendes. Metallische Bestandtheile wie Blei, Kupfer u. s. w. darf das Trinkwasser unter keinen Umständen enthalten. Dasselbe gilt von Fäulnißgiften und anderen direct gesundheitschädlichen Stoffen. Speciell Fäulnißgifte vermag

die chemische Analyse leider noch nicht sicher nachzuweisen, daher sie sich auf die Bestimmung ihrer Symptome beschränkt. Diese Gifte entstammen nämlich hauptsächlich zum Trinkwasser zugesicherten Abwässern aus menschlichen Haushaltungen u. s. w. Solche Abwässer bedingen stets eine Zunahme von Chlor, Schwefelsäure, Kalk, Magnesia, organischen Stoffen, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, salpetriger, Salpeter- und Kohlensäure im Wasser. Wo man diese Stoffe also in beträchtlichen Mengen findet, wird man das betreffende Wasser beanstanden müssen. Insbesondere bestimmt man daher im Wasser den Trockenrückstand, die organischen Stoffe, Chlor, Schwefelsäure, Kalk und Magnesia. Die organischen Stoffe muß man noch aus einem anderen Grunde bestimmen: sie bilden nämlich den Nährboden zur Entwicklung von Mikroorganismen oder geben die Veranlassung zur Bildung giftiger Stoffe bei ihrer Zersetzung. NH_3 , N_2O_3 und H_2S , Zunahme des Gehalts an N_2O_5 und CO_2 , Abnahme des Gehalts an Sauerstoff gelten als Zeichen der fauligen Zersetzung, und NH_3 und N_2O_3 , sowie ein größerer Gehalt an organischen Stoffen im Grundwasser gelten als Zeichen eines stichhaften Zustands des Bodens, also seiner Befähigung, einen Seuchenherd zu bilden. S. A. Post will zur Feststellung der Brauchbarkeit von Trinkwasser das sogenannte Neßler'sche Reagens benutzen (KJ , HgJ_2). Giebt dieses Reagens nur Färbung mit dem Wasser, fehlen Nitrite, Nitrate, Chloride und ist das Wasser weich, so ist es verwendbar, denn alsdann ist das Ammoniak nur pflanzlichen Ursprungs. Entsteht durch das Reagens reichliche Fällung ohne Färbung, sind Nitrite, Nitrate und organische Stoffe abwesend, Chloride reichlich vorhanden und ist das Wasser hart, so ist das Wasser im Nothfalle noch verwendbar. Bei gleicher Einwirkung des Neßler'schen Reagens, aber Anwesenheit von Nitriten und Chloriden ist das Wasser zu verwerfen; ja das Wasser ist selbst verdächtig bei Abwesenheit von Ammoniak. Bei alleiniger Gegenwart von Nitriten und Nitraten ist das Wasser brauchbar.

Leider bietet aber auch die Anwesenheit der mehrfach angeführten Stoffe, welche auf eine unzulässige oder gefährliche Verunreinigung des Wassers hindeuten können, keinen absolut sicheren Beweis für die Verwerflichkeit des Wassers. Der hohe Kochsalz- oder Chlorgehalt kann gerade für eine verhältniß-

mäßige Reinigung des Wassers durch den Boden sprechen, denn der Boden nimmt mehr schädliche Stoffe aus dem Wasser weg, als indifferente. Die organischen Stoffe brauchen durchaus nicht ein günstiger Nährboden für die Keime von Fäulnisregern u. s. w. zu sein, die faulige Zersetzung organischer Stoffe ist keineswegs besonders günstig für die Entwicklung und Fortpflanzung parasitärer Krankheitserreger, zumal bei dieser Fäulniß sich Stoffe wie Phenol, Kresol, Indol, Skatol u. s. w. bilden können. Ammoniak braucht durchaus nicht durch unvollständige Zersetzung organischer stickstoffhaltiger Körper entstanden zu sein, sondern kann ebenso gut als Reduktionsprodukt der Salpetersäure sich bilden. Umgekehrt enthält selbst von organischen Stoffen sehr wenig verunreinigtes Wasser, z. B. das der Quellen, bereits entwicklungsfähige Bacterien oder deren Sporen, welche man als unschädlich wird bezeichnen müssen, da der Genuß von solchem Quellwasser nachweislich unschädlich ist.

Es ist überhaupt nicht zu leugnen, daß man in unseren Tagen zu sehr geneigt ist, alle Mikroorganismen, und so insbesondere die Mikroorganismen im Wasser für gefährlicher zu halten, als sie sein dürften. Vorsicht ist ja allerdings ihnen gegenüber geboten; aber die mikroskopische Untersuchung ist bei weitem noch nicht vollkommen genug, um über die Natur etwa vorhandener Mikroorganismen sicheren Aufschluß zu geben, die Kenntniß von diesen Mikroorganismen selbst noch sehr ungenügend und schließlich gegen zu große Furcht vor dem Genuße von Krankheitserregern mit dem Wasser einzuwenden, daß bis zu diesem Tage von anerkannten pathogenen Schizophyten noch keine im Trinkwasser gefunden worden sind. Man wird sich daher bei Beurtheilung eines Trinkwassers darauf zu beschränken haben, daß man ein Wasser mit zwar an und für sich unschädlichen Fäulnisregern, Mikrophyten, Spaltpilzen u. s. w. deshalb beanstandet, weil es ungewiß ist, ob dieselben nicht geeignet sind, im Boden, im Wasser selbst u. s. w. durch ihren Lebensproceß toxische Stoffe zu bilden. Insbesondere scheinen die leicht oxydirbaren organischen Stoffe des Wassers zu fauliger Zersetzung, zu fermentativen Vorgängen zu neigen.

Das Wasser enthält nun aber auch einen gewissen Betrag von organischen Stoffen gelöst. Der Gehalt an mineralischen Bestandtheilen im Wasser wächst von 0.01 bis 0.05 Proc.;

die gelösten Mineralstoffe sind wohl characterisirte und bestimmbare Substanzen. Die gelösten organischen Stoffe des Trinkwassers machen 0·0002 bis 0·001 Proc. aus und sind bisher ihrer chemischen Natur nach nicht genauer bekannt und daher auch nicht direct bestimmbar. Nach der Methode von Frankland läßt sich allerdings mit einer gewissen Genauigkeit der Kohlenstoffgehalt der gelösten organischen Stoffe feststellen. Nun scheint der mittlere Kohlenstoffgehalt dieser Stoffe nicht wesentlich verschieden zu sein, sondern vielmehr bei ungefähr 40 Proc. zu liegen. Versuche haben ergeben, daß die Menge der organischen Substanz ungefähr das zwei und einhalbfache des in ihr enthaltenen Kohlenstoffs ausmacht. Hat man also die Menge des C nach Frankland bestimmt, so kann man hieraus mit einiger Wahrscheinlichkeit durch Multiplication mit 2·5 die Menge der gelösten organischen Substanz berechnen. Auf diese Weise ist festgestellt worden, daß für Trinkwasserversorgung geeignetes Quellwasser am wenigsten organische Stoffe gelöst enthält, während zwischen Fluß- und Seewasser kein größerer Unterschied besteht. Die Menge des organischen Kohlenstoffs ist im Flußwasser schwankender als im Seewasser, hat aber eine tiefere untere Grenze als im letzteren. Ein Bild davon giebt die folgende Zusammenstellung, welche sich auf Resultate bezieht, die mit den Wässern der Wasserversorgungen von London, Birmingham und Glasgow in der Zeit vom Januar 1883 bis Juni 1884 erhalten wurden und also ungefähr achtzehnmonatliche Durchschnittszahlen sind:

Ursprung des Wassers	Gesellschaft	Organischer C in 100 L Wasser	Organ. Substanz (berechnet) in 100 L Wasser
Quellen im Kalk	Kent Company	0·047 g	0·1175 g
Quellen u. Fluß Lea	New River Company	0·089 =	0·2225 =
Gemischtes Wasser	Birmingham Corporation	0·132 =	0·3300 =
Fluß Lea	East London Company	0·139 =	0·3475 =
See Loch Katrine	Glasgow Corporation	0·147 =	0·3675 =
Fluß Themse	Die 5 Themsewasser- companien Londons	0·164 =	0·4100 =

Freilich ist an und für sich nicht die Menge der organischen Substanz das Wichtigste, sondern vielmehr ihre Natur und Be-

schaffenheit. Wir wissen von ihr aber weiter nichts, als daß sie unorganisiert und gelöst, also nicht lebendig ist. Inwiefern sie gesundheitschädlich und zur Uebertragung von Krankheiten geeignet sei, das zu wissen, wäre ja natürlich höchst wichtig; aber alle Aussagen hierüber sind vorläufig nur hypothetischer Natur. Man wird also vorläufig, wenn das Wasser nur sonst klar, farb-, geruch- und geschmacklos ist, Mengen von organischer Substanz, welche sich innerhalb obiger Grenzen (0.12—0.41 g in 100 L) halten, für unbedenklich erklären müssen. Jedenfalls aber werden bei Anlage einer Trinkwasserleitung diejenigen Stoffe zu vermeiden sein, welche aus der Nähe menschlicher Thätigkeit oder menschlicher Wohnungen stammen. Man entnehme daher das Wasser möglichst weit von bewohnten Gegenden entfernten Orten; man beachte bei Benutzung von Grundwasser Richtung und Geschwindigkeit der Strömung im unterirdischen Wasserbecken; man vermeide die Verwendung des Wassers aus feststehenden Ansammlungen u. s. w.

Für die hygienische Beurtheilung von Wasser erscheinen nach alledem die folgenden Grundsätze berechtigt: 1. Die gewöhnlichen mineralischen Bestandtheile der natürlichen Wässer haben keine toxische Wirkung. 2. Die organischen Verbindungen des Wassers haben nur in den seltensten Ausnahmefällen (bei ganz frisch verunreinigten Wässern) eine toxische Wirkung. 3. Pathogene Mikroorganismen können im Wasser vorhanden sein und durch dasselbe verbreitet werden, insbesondere von solchem Wasser, welches gleichzeitig Fermentationsprodukte (organische Verbindungen, HNO_2 , NH_3 u. s. w.) enthält. 4. Die chemische Analyse des Wassers ist nicht zu entbehren, weil nur sie den Grad der Reinheit eines Wassers feststellen und somit anzugeben vermag, in welchen Fällen eine mikroskopische Untersuchung nöthig ist. 5. Die Aufstellung von allgemein gültigen Grenzzahlen hat wissenschaftlich wie praktisch keinen Werth.

Nicht selten ist das Wasser, speciell das Trinkwasser, an und für sich für den Gebrauch völlig rein genug, wird aber durch die Wasserleitungsröhren wieder in unzulässiger Weise verunreinigt. Ganz besonders hat sich in neuerer Zeit ein Kampf darüber entsponnen, ob die Röhren von galvanisirtem Eisen für Trinkwasserleitungen zulässig

feien oder nicht. Es liegen über diese Frage Berichte von C. W. Heaton, von J. L. Wills und Th. Stevenson,¹⁾ von Müller²⁾ und von J. P. Benable³⁾ vor. Die sog. „galvanisirten“ Eisenröhren sind nichts anderes als innen verzinkte eiserne Röhren. Wasser, welches Sauerstoff und Kohlensäure enthält, vermag nun beträchtliche Mengen von Zink aufzulösen und zwar in der Form von $\text{Zn}(\text{HCO}_3)_2$, dem sauren Zinkcarbonat. Ein sehr reines Quellwasser enthielt, nachdem es eine längere Strecke in galvanisirten Eisenröhren gelaufen war, nach Heaton 0.93 g kohlen-saures Zink im Liter. Nach Wills und nach Stevenson wirken insbesondere kalkfreie Wässer, wie Regenwasser oder destillirtes Wasser auf das Zink ein. Kalkhaltige (harte) Wässer veranlassen auf dem Zink einen unlöslichen Ueberzug von Zinkoxyd oder basisch kohlen-saurem Zink. Würde nun im weichen Wasser das Zink gelöst sein, so wäre dieses Wasser zweifellos gesundheitsgefährlich. Nach Stevenson sind die entstandenen Zinkverbindungen aber meist bloß suspendirt, daher das Wasser unschädlich zu nennen wäre. Müller theilt mit, daß galvanisirte Eisenröhren für Trinkwasser in Württemberg und in der Stadt Reichenhall zu Privatleitungen vorgeschrieben, dagegen in Oesterreich seit 1883 verboten sind. Spängler hat gefunden, daß Salzburger Fürstenbrunnwasser aus solchen Röhren bei 14tägigem Darinverweilen 0.0069 bis 0.0117 Proc. ZnO gelöst hatte, weshalb er die Verwendung der Röhren für bedenklich hält. Die Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden führt gegen die verzinkten Eisenrohre ins Feld, daß Wasser um so mehr Zink auslöse, je mehr es O , CO_2 , Magnesiumsalze und organische Säuren enthalte und je höher der Druck sei. Trotz alledem hat nach Müller der Verbrauch an galvanisirten Eisenröhren zu Wasserleitungszwecken bedeutend zugenommen. Benable constatirt übrigens gleichfalls die Schädlichkeit dieser Rohre. Er fand im Trinkwasser aus solchen Röhren 0.62 g ZnCO_3 im Liter.

Ueber getheerte Gußeisenrohre (sog. asphaltirte

1) Chem. News. 49. 1884. p. 85. 103. 107.

2) J. f. Gasbeleuchtung 28. 1885. S. 838.

3) Chem. News. 51. 1885. p. 18.

Rohre) zu Wasserleitungszwecken macht W. Thörner¹⁾ die folgenden Mittheilungen. Die Theerung der Rohre muß eine ganz vorzügliche sein, wenn nicht bei zeitweiligem Zurücktreten des Wassers (z. B. in Folge starker localer Wasserentnahme) Verunreinigung eintreten soll. Die Häute der Bläschen eines schlechten Theerüberzugs werden gesprengt, Wasser dringt ein und wirkt gemeinsam mit der Luft der Bläschen auf das Eisen. Das Eisenhydroxid gelangt gemeinsam mit den Theerfragmenten in das Wasser und macht es so zum Trinken und Gebrauchen ungeeignet. Man sollte daher die Röhren direct nach dem Gießen und Erfalten zuerst mit einer leicht benetzenden Flüssigkeit (Alkohol, Petroleum, Benzin, Kohbenzol u. s. w.) ausspülen, welche sich leicht mit dem Theer vermischt und mit ihm vermischt bleibt oder verdunstet, ohne dem Wasser Geruch und Geschmack zu ertheilen. Alsdann wird getheert. Liegt der Siedepunkt der benetzenden Flüssigkeit nicht zu niedrig, so gießt man sie 2—4 cm hoch auf den geschmolzenen Theer und taucht alsdann die Röhre ein, wodurch sie gleichzeitig benetzt und getheert wird.

Klärer als bei den verzinkten Röhren liegt die Sache bei Bleiröhren, wengleich noch nicht alle Zweifel gehoben sind (siehe dies. Jahrb. 19. 1883 S. 367—371). Nach A. Hamon wären Bleiröhren für Wasserleitungszwecke unter allen Umständen verwerflich. Dem gegenüber macht E. Reichardt²⁾ darauf aufmerksam, daß allerdings dieses Verdammungsurtheil für Pumpbrunnen oder nicht stetig mit Wasser gefüllte Leitungen seine Gültigkeit besitzt. Wo dagegen das Wasser dauernd die Röhre erfüllt, da scheint keinerlei Lösung von Blei einzutreten. Läßt man Wasser durch ein mit Luft gefülltes Bleirohr gehen, so wird dasselbe bleihaltig bis zur quantitativen Bestimmbarkeit des gelösten Bleis. Das nachströmende Wasser enthält immer noch Blei in qualitativ nachweisbarer Menge. Wasser, welches längere Zeit die Röhre völlig erfüllt hatte, gab dagegen keine oder höchstens kaum eine Reaction auf Blei.

Besondere Beachtung verlangt der Reinheitsgrad des Wassers auch bei Verwendung desselben zur Kesselspeisung. Ueber Kesselstein und Speisewasser macht W. Gysling

1) Chemik. Ztg. 9. 1885. S. 926.

2) Chem. Centralbl. [3] 17. 1886. S. 26.

ausführliche Angaben.¹⁾ Nur destillirtes Wasser ist frei von mineralischen Beimengungen und kann daher im Dampfkessel keinen Kesselstein absetzen. Alle anderen Wasserarten werden dagegen mineralische Rückstände beim Verdampfen hinterlassen. Der Kesselstein, welcher ein solcher Rückstand ist, besteht hauptsächlich aus Kalk, Gyps und Magnesia. War das Wasser trübe, so kann er auch Sand, Theer u. s. w. enthalten. Theils beim Erwärmen, theils beim Verdampfen des Wassers scheidet sich der Kesselstein aus und bildet ein Pulver, einen Schlamm oder einen festen Ueberzug auf der Kesselwandung. Springt letzterer beim Abkühlen des Kessels in Form von Splittern und Scherben ab, so ist Gefahr im Verzug, denn diese Splitter baden auf der Feuerplatte wieder zusammen und bilden den sehr gefährlichen Kesselsteinkuchen. Da der Kesselstein ein schlechter Wärmeleiter ist, so ermöglicht er eine Ueberhitzung der Kesselwandung, welche wiederum Ursache zu Rissen, Ausbauchungen, Aufreißen der Wandung, ja zu Explosionen werden kann. Der schlammige Kesselstein verstopft die Zu- und Ableitungsröhre, das Wasserstandsglas u. s. w. und hat noch andere nachtheilige Wirkungen. Man kann die Bildung des Kesselsteins vermeiden oder unschädlich machen durch richtige Wahl des Speisewassers und des Kesselsystems, durch Reinigung des Wassers und durch Befreiung des Kessels vom Stein. Die Wahl des Wassers ist am wichtigsten. Dasselbe soll möglichst wenig kesselsteinbildende Stoffe enthalten; man soll ferner das Condenswasser mit verwenden und schließlich ist häufig auch ein abwechselndes Speisen mit verschiedenen Wasserarten empfehlenswerth. Auch die Wahl des Kessels ist nicht gleichgültig. Ist nur stark mineralhaltiges Wasser verwendbar, so muß ein innen befahrbarer und leicht an allen Stellen zu reinigender Kessel gewählt werden. An die Stellen der Kessel, wo sich gewöhnlich Stein ansammelt, bringt man Schlammfäcke und -fänger. Für Röhrenkessel sollte man nur sehr reines Speisewasser benutzen. Zur Reinigung des Wassers empfiehlt sich zunächst die Anwendung eines Vorwärmers, der durch Abdampf oder abziehende Feuerungsgase gewärmt wird. Soll chemisch gereinigt werden, so ist die Anwendung von Soda oder Natrium und von Kalk

1) Chem. Centralbl. [3] 17. 1886. S. 103.

zu empfehlen. Die Reinigung, bez. Reinhaltung des Kessels wird erreicht durch Zusätze, welche den Stein schlammartig machen oder in Lösung halten (Soda, Natriatron), durch Ausklopfen und Ausbohren der festen Steinschichten, durch Ausblasen, Auswaschen und Ausspritzen des Kessels. Neue Kessel sollen jedenfalls nach 2 bis 4 wöchigem Betriebe abgelassen und untersucht werden. — Außer auf den Gehalt an Mineralstoffen ist bei Speisewasser noch auf einige andere Substanzen Rücksicht zu nehmen. So zunächst auf die fettigen Bestandtheile, die deshalb sehr nachtheilig sein können, weil sie mit dem pulvrigen Kesselstein, der hauptsächlich aus Kalk und Magnesia besteht, schwammige Seifen bilden, welche sich fest ansetzen. Ebenso können aus Fetten und Oelen die Fettsäuren frei werden, welche alsdann den Kessel in der Wasserlinie stark angreifen. Ein bloßer Zusatz von Soda genügt nicht; er verhindert zwar die Bildung der unlöslichen Seifen, veranlaßt aber wegen Bildung gewöhnlicher Seife ein starkes Schäumen des Wassers. Am Besten ist es, nur mit Mineralöl zu schmieren. Weiter enthalten manche Speisewässer, insbesondere die aus Bergwerken, Torfmooren, chemischen Fabriken stammenden, ätzende Bestandtheile, meist Säuren. Auch durch Zersetzung von Salzen, wie Chlormagnesium, kann im Kessel freie Säure entstehen. Hier ist natürlich ein Zusatz von Soda das beste Gegenmittel. Ferner ist auf die im Wasser gelösten Gase Rücksicht zu nehmen. Die Luft entweicht im Kessel und setzt sich in Bläschen an der Wandung an, wodurch Oxydation des Kesselblechs eintreten kann. Auch Kohlensäure wirkt schädlich. Lebhafteste Circulation des Wassers oder noch besser Vorwärmen desselben in offenen Gefäßen sind die besten Gegenmittel. Endlich ist nicht genug vor Verwendung der sog. Kesselsteinmittel zu warnen. Abgesehen davon, daß dieselben häufig gar keine oder eine schädliche Wirkung haben, sind sie meist viel zu theuer. So ist z. B. ein Lapidolud genanntes Mittel hauptsächlich Soda, Natronhydrat und Katchu, also eine Mischung aus bekannten, sehr billig zu erhaltenden, wenn auch wirksamen Substanzen. Ein anderes Kesselsteinmittel ist fast ausschließlich Soda, kostet pro 1 kg Mark und hat für dieselbe Menge den wirklichen Werth von 10 Pfennigen. Ein drittes Mittel besteht aus gepulverter Rinde, Sägespähnen, Soda, Kochsalz und

Sand und hat bei einem Preise von 150 M. für 100 kg kaum den Werth von 3 M. Diese Beispiele, die sich ver Hundertfachen ließen, mögen genügen; sie beweisen mit welcher Dreistigkeit auf die Unkenntniß und Leichtgläubigkeit des Publikums speculirt wird.

Wenn wir nun auf die Besprechung der Reinigungsmethoden von Wasser für bestimmte Zwecke eingehen, so muß von vornherein bemerkt werden, daß hier Vollständigkeit und Ausführlichkeit unseres Berichts bei dem sich fast täglich mehrenden Material ausgeschlossen sein muß. In der That handelt es sich auch selten um wirklich neue Vorschläge; meist liegen nur neue Anwendungen längst bekannter Methoden, neue Apparate und dergl. mehr vor. Die sämtlichen Reinigungsmethoden lassen sich in zwei freilich nicht immer streng geschiedene Gruppen bringen: die Methoden der mechanischen Reinigung und die Methoden der chemischen Reinigung.

Die mechanische Reinigung des Wassers erfolgt durch Absitzenlassen, durch Berieselung und namentlich durch Filtration. Welche von diesen Methoden anwendbar ist, hängt von der Natur des Wassers ab. Jedenfalls kann nach allen drei Methoden nur eine Beseitigung mechanisch beigemengter Stoffe erfolgen, falls nicht eine gleichzeitige chemische Einwirkung veranlaßt wird (Einwirkung der Luft z. B.), und somit werden auf solche Weise hauptsächlich nur trübe Wasser geklärt, z. B. Fabrikabwässer zum Einlassen in Flußläufe geeignet gemacht. Häufig kommen diese Methoden allerdings auch da zur Anwendung, wo vorher durch chemische Reagentien Niederschläge erzeugt wurden. Solche Niederschläge muß man mitunter im Wasser künstlich herbeiführen, damit sie die fein suspendirten natürlichen mechanischen Verunreinigungen, die sonst in keiner einfachen Weise abscheidbar wären, mit niederreißen. Als Beispiele für das Gesagte mögen die folgenden Reinigungsmethoden dienen.

M. Kotten¹⁾ will die Sinkstoffe von Fabrikabwässern gleichzeitig mit auf chemischem Wege erzeugten Niederschlägen durch Absitzen beseitigen und das gereinigte Wasser decantiren. Dazu bedient er sich eines patentirten Apparates, dessen wesent-

1) Dingl. p. 3. 256. 1885 S. 314.

liche Einrichtung in einem nach unten gerichteten Trichter besteht. Durch diesen Trichter strömt das Wasser langsam ein und von seinem unteren Rande aus im Gefäße nach oben. Der schwerere Schlamm scheidet sich hier und fällt zu Boden, von wo er am tiefsten Punkte (der Boden bildet eine schiefe Ebene) entfernt werden kann. Das geklärte Wasser steigt nach oben und fließt am oberen Rande in geneigte Ablaufrinnen über. Zwischen diesem oberen Ablaufrande und dem Spiegel des Wassers im Einlaufgefäße des Trichters muß ein kleiner regulirbarer Höhenunterschied bestehen, so daß das Wasser mit einem kleinen Druck aus dem Trichter ausströmt. Hier hätten wir also das Absitzen der mechanischen Verunreinigung und Decantiren des geklärten Wassers selbstthätig vereinigt. — R. Stammer¹⁾ berichtet über die Erfolge der Berieselungsanlagen. Nach demselben ist die Abfuhr des Düngers durchaus keine genügende Sicherung gegen Verunreinigung der öffentlichen Wasserläufe; vielmehr sind die Abwässer der Haushaltungen denjenigen aus Aborten völlig gleich zu erachten. Deshalb ist das einzige Mittel die Anwendung der Schwemmcanalisation und nachheriger Reinigung der erhaltenen Spüljauche. Diese Reinigung hat man noch mit einer Nutzbarmachung der düngenden Stoffe in der Spüljauche zu verbinden gesucht und deshalb die Berieselung von Ländereien eingeführt. Der Versuch hat aber noch nirgends Rentabilität gezeigt. Dies liegt an der großen Verdünnung, welche die Abfallstoffe in der Spüljauche erfahren haben. Auch ist die Reinigung der Spüljauche durch Berieselung nur dann eine genügende, wenn sehr große Ländereien zu Gebote stehen. Von anderen Mitteln zur Reinigung dieser Abwässer ist nur die chemische Reinigung zu empfehlen, denn Filter würden sich sehr schnell verstopfen, Fäulnißkeime und Bacterien außerdem auch nicht zurückhalten, und zum Absitzen würde die Spüljauche erst gelangen nach einer Zeit, in welcher bereits Zersetzungen in ihr sich vollzogen hätten, welche man unbedingt vermeiden muß.

Ueber die Klärung von trübem Flußwasser durch Filtration macht Lüger²⁾ die folgenden Angaben. Es giebt kein Filter, welches an und für sich Verunreinigungen

1) Dtsch. Industrieztg. 26. 1885. S. 432. 442.

2) Dingl. p. J. 254. 1884. S. 233.

des Wassers anders beseitigen könnte, als indem es dieselben zurückhält. Also kann auch kein Filter ohne Auswechslung des Filtermaterials trübes Wasser dauernd klären. Für bestimmte Trübungen des Wassers und eine gewisse Mächtigkeit der filtrierenden Schicht giebt es Grenzwerte für den Durchmesser des Sandkorns im Filtermaterial und die Durchflußgeschwindigkeit des Wassers, welche in gegenseitiger Abhängigkeit stehen. Bei der Ueberschreitung dieser Grenzwerte ist eine Klärung des Wassers überhaupt nicht mehr ausführbar. Die Sandfiltration bietet gegenüber allen anderen Filtrationsmethoden den Vortheil, daß sie unbedingt jeder Zeit zum Ziele führt und die Anlage- und Unterhaltungskosten sich leichter berechnen lassen als bei anderen Methoden. Bei der Anlage eines Sandfilters hat man die Art des Wassers und Sandes, die Menge des Wassers und die Stärke der Sandschicht in Rücksicht zu ziehen. Der Sand ist um so besser, je mehr er die Ablagerung der trübenden Bestandtheile an der Filteroberfläche begünstigt; aber für jede Art der trübenden Bestandtheile giebt es eine günstigste Art des Sandes. Die normale Schichthöhe des Sandes ist (bei richtig gewähltem Sande) 1 m. Fehlt der passende Sand, so kann die vollkommene Klärung nur durch Verstärkung der Filterschicht erreicht werden. Nur wo der Sand ungleiche Korngröße besitzt, ist er absolut unbrauchbar. — Neben dem Sande werden eine ganze Menge anderer Filtermaterialien angewendet oder empfohlen. So dient bei dem Verfahren von H. F. Wallmann Torfgrus als Filtermaterial.¹⁾ Als Filtervorrichtungen dienen hohle Cylinder mit doppelter Drahtgewebewandung. Zwischen die beiden Drahtnetze wird Torfgrus dicht eingefüllt; in den Hohlraum tritt das verunreinigte Wasser (Fabrikabwässer) mit geringem Drucke und fließt durch die Wandungen, wobei es gereinigt wird. Das äußere Drahtgewebe ist mit Klappen und Thüren versehen, so daß die Entleerung der unbrauchbar gewordenen Filtermasse leicht geschehen kann. — Die Filtration durch Eisenschwamm wird vielfach empfohlen.²⁾ Durch Bischof, Frankland, Hatton u. A. ist nachgewiesen, daß fein vertheiltes metallisches

1) Dingl. p. J. 252. 1884. S. 277.

2) J. f. Gasbeleuchtung 26. 1883. S. 93. 191. — Dingl. p. J. 252. 1884. S. 277. — Chem. News. 52. 1885. p. 27. 40.

Eisen, sogenannter Eisenschwamm, die Eigenschaft besitzt, organische Verunreinigungen, Farbstoffe, fein vertheilte Stoffe u. s. w. aus dem Wasser zu beseitigen, dem Wasser die Härte zu nehmen und Fäulnißkeime, Bacterien u. s. w. zu zerstören (siehe dieses Jahrbuch 14. 1878. S. 342—348). Ogston stellte im Auftrage der Stadt Antwerpen Versuche im Großen mit dem Bischof'schen Versuchssapparate an. Letzterer bestand aus 2 Filtern mit etwa 63 qm Fläche insgesammt. Das erste Filter war höher als das zweite gelegen, und mit einem Gemenge aus 1 Thl. Eisenschwamm und 3 Thl. Kies nebst Ueberdeckung mit gewöhnlichen Filtersand beschickt. In diesem Filter nahm das Wasser Eisen auf, weshalb es zur Abscheidung desselben der Einwirkung der Luft ausgesetzt werden mußte. Das zweite Filter enthielt gewöhnlichen Filtersand und sollte die bei der Belassung des Wassers in Luft abgeschiedenen Stoffe, insbesondere das Eisenoxyd, entfernen. Die Versuche erwiesen die vorzügliche Brauchbarkeit der Methode, worauf die Stadt Antwerpen ihre Versorgung mit Wasser aus der Nethe (einem Nebenflusse der Schelde) unter Benutzung von Eisenschwammfiltern einrichtete. Auch nach einer Benutzung von 18 Monaten zeigte sich keine Verschlechterung in Beschaffenheit oder Wirkung des Eisenschwamms. Das Nethewasser wird in Klärbassins zunächst 12—20 Stunden sich selbst überlassen. Alsdann geht es durch zwei in Cement hergestellte Filterbassins von je 693 qm Fläche. Die Unterlage bilden in beiden Filtern zwei trockne Ziegellagen. Hierauf ruht im ersten Bassin ein Gemisch von 914 mm Höhe aus 1 Thl. Eisenschwamm mit 3 Thl. Kies von 5 mm Korndurchmesser. Hierüber liegt 76 mm hoch feiner Kies und endlich 610 mm hoch Sand. Das ganze Filter hat also 1600 mm Höhe und besteht zu einem Siebentel aus Eisenschwamm. Das zweite Filterbassin hat über den Ziegeln 305 mm Kies, 76 mm feinen Kies und 787 mm Sand. Die Filter liefern in 24 Stunden 2000—3300 cbm Wasser, also auf den qm Fläche 3 bis 5 cbm Wasser. Ueber die Bestandtheile des gereinigten und nicht gereinigten Nethewassers macht Frankland folgende Angaben:

In 100000 Thl. Wasser sind enthalten

	Vor der Filtration.	Nach der Filtration.
Feste (gelöste) Bestandtheile	. 21·000	. . . 12·330
Organischer Kohlenstoff.	. . 0·623	. . . 0·244

	Vor der Filtration.	Nach der Filtration.
Organischer Stickstoff	0·219	0·055
Ammoniak	0·028	0·028
Gesamtstickstoff	0·243	1·800
Chlor aus Chloriden	1·800	0·055

Es ist nicht zu leugnen, daß die Analyse das große Lob, welches der Eisenschwammfiltration ertheilt wird, nicht ganz zu rechtfertigen scheint. Aber es mag sein, daß unter den dort obwaltenden Umständen diese Art der Filtration immer noch die beste ist. Das Methewasser enthält nämlich moorige Erde und sehr fein vertheilten Lehm, die sich durch gewöhnliche Filtration überhaupt nicht beseitigen lassen. — H. Bette will die zu reinigenden Wässer in Centrifugen laufen lassen, deren Mantel aus zwei gelochten Blechen mit Zwischenraum gebildet wird. Der Zwischenraum ist mit dem Filtermaterial ausgefüllt, als welches mit gerbsaurem Eisen getränkte poröse Stoffe, wie Schwamm, empfohlen werden. Die während der Umdrehung der Schleudertrommel sich festsetzende Schicht von Sinkstoffen wird durch Schaber von der Wandung entfernt. Diese Schaber drehen sich im gleichen Sinne, wie die Trommel, aber mit anderer Geschwindigkeit. Es ist vortheilhaft, dem Wasser eine verdünnte Lösung von schwefelsaurer Thonerde beizumischen. — P. F. Frankland hat gefunden, daß zur Reinigung des Wassers von Mikroorganismen Eisenschwamm allerdings ganz vorzüglich ist, aber in seiner Wirkung doch noch von Koks übertroffen wird. Auch durch Clarks Proceß (Jahrb. 14, S. 356) wird die Menge der Mikroorganismen beträchtlich vermindert. Eine Verminderung derselben ist also leicht zu erreichen; dagegen ist es schwer, eine völlige Beseitigung der Mikroorganismen für Trinkwasserzwecke zu erzielen, weil hierzu eine fortwährende Erneuerung des Filtermaterials sich nöthig machen würde.

Mit der Beseitigung der Mikroorganismen aus Trinkwasser beschäftigen sich auch noch W. Hesse¹⁾, Ch. Chamberland²⁾ und S. H. Johnson.³⁾ Der Erstgenannte hat die verschiedenen Filtersubstanzen auf ihre Brauchbarkeit zu

1) Chem. Centralbl. 16. 1885. S. 169.

2) Comptes rendus 99. 1884. p. 247.

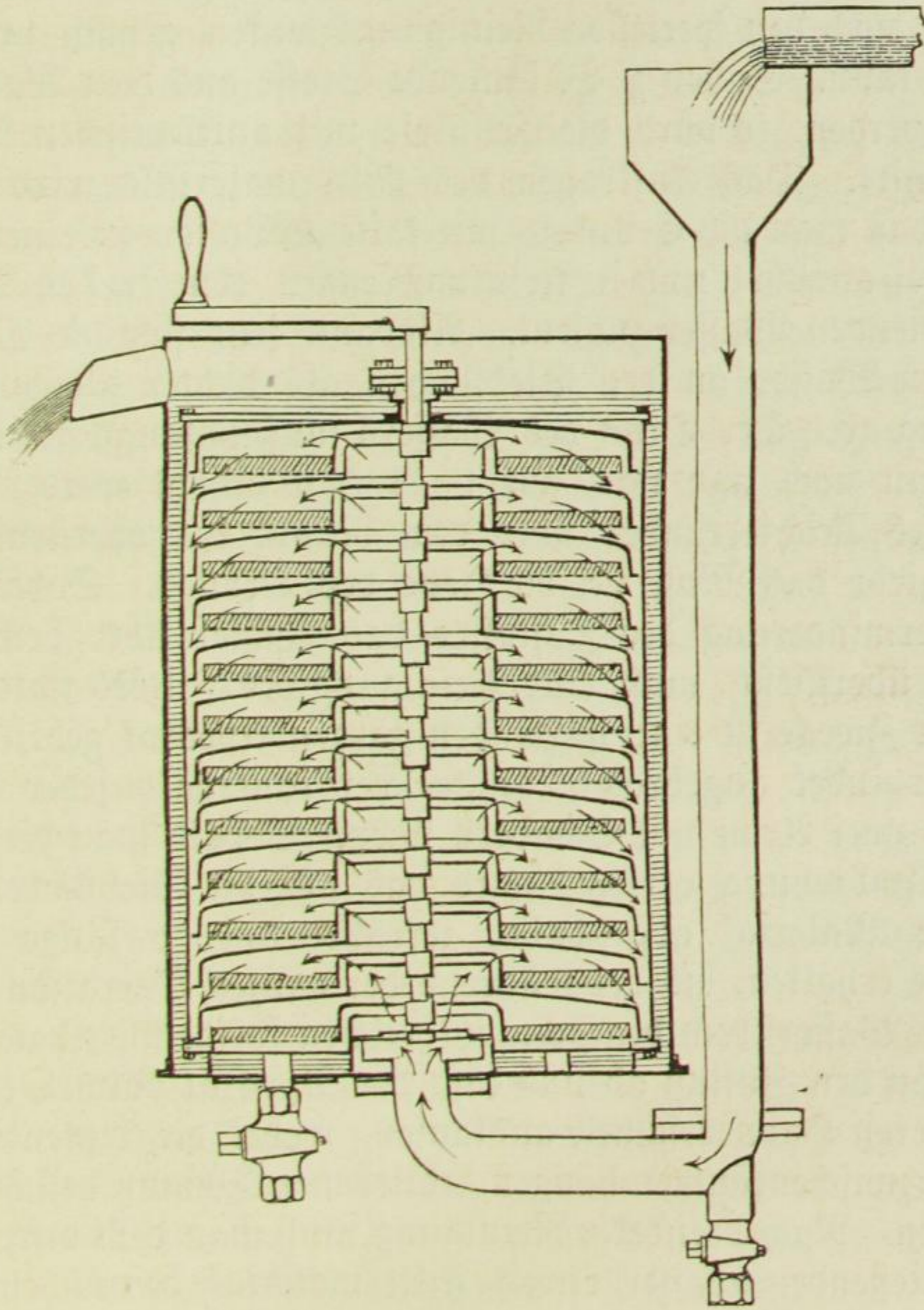
3) Dingt. p. J. 253. 1884. S. 35.

gedachtem Zwecke geprüft. Als unbrauchbar erwiesen sich comprimirtte Watte oder Cellulose, Sand und Patentfilter bester Qualität. Für einige Zeit brauchbar waren Thierkohle, *carbo calcis* und comprimirter Asbest. Dauernd brauchbar erwies sich nur eine nicht zu dicke Schicht von auf's höchste zusammengepresstem Asbest. Ein solches Filter ließ das Wasser durch, aber hielt alle Keime u. s. w. zurück. Chamberland empfiehlt zur Herstellung von physiologisch reinem Wasser die Filtration des Wasserleitungswassers durch poröses Porcellan. Das Filter besteht aus einem Cylinder aus porösem Porcellan, der an einer Seite geschlossen ist, und in welchen von der anderen Seite her das Wasser mit einem Drucke von etwa 2 atm eintritt. Das Wasser, welches durch ein solches Filter ging, ist völlig frei von Mikroben und Sporen, welche nebst etwaigen anderen mechanischen Verunreinigungen im Inneren des Cylinders zurückblieben. Die Reinigung der Cylinder erfolgt auf mechanischem Wege oder durch Auskochen oder durch Ausglühen. Die Filter haben nach Form und Farbe das Ansehen von Kerzen, daher man sie Bougies-Chamberland nennt. Ihre Länge beträgt 20 cm, ihr Durchmesser 2.5 cm, ihre Wandstärke 3 mm. Wird ein solches Filter in die Wasserleitung eingeschaltet, so erhält man, 2 atm Druck vorausgesetzt, pro Tag 20 Lit. reines Wasser. Besser noch verfährt man wie Joly in Genf, der im Keller Filterbatterien anlegte. Zehn solche Batterien mit je 8 Kerzen filtriren innerhalb eines Tages (24 Stunden) ungefähr 800 Lit. Joly verkauft das so gereinigte Wasser unter Umständen auch als carbonisirtes, d. h. durch Kohlensäure schwachhaft gemachtes Wasser. Die Filterröhrchen müssen übrigens durch eine Maschine auf ihre Dichtheit geprüft werden, denn 7 Proc. davon sind undicht. —

Nach Johnson sind in England mindestens jährlich 120000 Todesfälle auf den Genuß schlechten Trinkwassers zurückzuführen. Die Reinigung des Trinkwassers durch Sandfiltration genügt eben nicht zur Beseitigung der organischen Substanz des Wassers. Als bessere Filter in Bezug auf Beseitigung dieser Stoffe sind Thierkohle und Eisenschwamm zu nennen, die aber wieder schlechte mechanische Filter sind. Daher soll man nach Johnson lieber in die Trinkwasserleitung ein unter dem Drucke dieser Leitung arbeitendes Filter einschalten, dessen Filtermaterial aus dickem Filterpapier mit 10—20 Proc. Thierkohlengehalt

besteht. Wie man sieht, steht die Ansicht Johnsons von der Gefährlichkeit der organischen Beimengungen im Trinkwasser theilweise im Widerspruche zu den bereits angeführten Ansichten von Wolffhügel, Tiemann, Odling u. A.

Fig. 20.



Endlich sei noch der von W. Zimmermann¹⁾ warm empfohlenen Schnellfiltration von Wasser nach dem System Pieske gedacht (siehe Fig. 20). Das cylindrische Filtrirgefäß enthält eine Anzahl dicht über einander liegender hori-

1) J. f. Gasbeleuchtung 26. 1883. S. 160.

zontaler Siebe von kreisförmiger Gestalt. Diese bilden die Bodenfläche von je einer zugehörigen Filterkammer und dienen als Träger für eine dünne Schicht von Filtermaterial. Je näher die Siebe, resp. Filterkammern an einander stehen, desto größer ist die Filterfläche und desto besser die Leistung des Filters. Als Filtermaterial wird reine Cellulose verwendet, welche unter Umständen noch den speciellen Reinigungszwecken gemäß präparirt werden kann. Sollen z. B. faulende Stoffe aus dem Wasser beseitigt werden, so wird die Cellulose mit antiseptischen Mitteln imprägnirt. Das Auftragen des Filtermaterials wird so bewirkt, daß man die Cellulose mit kaltem Wasser zu einem dünnen Brei anrührt und in kleinen Mengen dem in den Trichter einströmenden Wasser zugiebt. Alsdann setzt sich die Cellulose aus dem Wasser an den Siebflächen als dichter gleichmäßiger Ueberzug ab. Der Druck des Wassers muß anfangs gering sein und kann nach und nach auf $1-1\frac{1}{4}$ m erhöht werden. Die Höhe des Trichterrandes über dem Rande der obersten Siebfläche giebt das Maß für die Höhe des Druckes. Sobald auch nach Verminderung des Zuflusses das Wasser über den Trichterrand überfließt, muß eine Reinigung des Filters stattfinden. Zu dem Zwecke ist eine durch den ganzen Apparat gehende verticale Spindel angebracht, an welcher innerhalb jeder Filterkammer zwei Arme mit Schabern sitzen. Sobald man die Spindel in Umdrehung versetzt, wird das auf die Siebflächen aufgepreßte Material abgeschabt, zerrührt und so lange in der Schwebe erhalten, bis der während der ganzen Operation durchgeleitete Wasserstrom die Schmutztheilchen fortgeführt hat. Nun stellt man den Zufluß ab und läßt den Apparat durch Oeffnung des unteren Hahnes schnell auslaufen, wobei die letzten in den Kammerzwischenräumen hängen gebliebenen Schmutztheilchen mit weggehen. Nach beendeter Reinigung muß man dem ersten wieder zufließenden Wasser etwas Filtermaterial beimischen, weil davon gewisse Mengen bei der Reinigung verloren gehen. Soll einmal alles Filtermaterial erneuert werden, so spült man das alte fort, indem man das Wasser von Oben in den Cylinder treten läßt. Die Temperatur des Wassers wird beim Passiren des Schnellfilters nicht wesentlich geändert. Ueber Leistungen und Kosten werden die folgenden Angaben gemacht. 100 cbm Wasser erfordern, wenn sie in einem Tage durch ein Sandfilter

gehen, zur völligen Klärung 50 qm Filterfläche; dagegen im Schnellfilter nur 2 qm, welche in einem Gefäße von 87 cm Höhe und 57 cm Durchmesser unterzubringen sind. Für einen solchen Apparat, wie er in $\frac{1}{15}$ natürlicher Größe in der Abbildung dargestellt ist, sind täglich 50—1000 g Cellulose nöthig. Die Reinigung des Apparats erfordert 10 Minuten Zeit; einmalige tägliche Reinigung genügt im Allgemeinen. Für eine Reinigungs-batterie, die auf einige 1000 cbm tägliche Leistung berechnet ist, genügt ein Arbeiter, so daß an Lohn für 1000 cbm gereinigtes Wasser täglich 1—2 M. zu zahlen sind; außerdem belaufen sich die entstehenden Kosten pro 1000 cbm Wasser auf ungefähr 1 M. Für gewöhnliche Wassermengen stellt man am besten eine Batterie von 12 Apparaten für 100 cbm tägliche Leistung auf, und zwar zu beiden Seiten eines gewölbten Reinwasserbassins. Letzteres zu 19 qm angenommen, ergibt sich eine Gesamtgrundfläche der Anlage von 49 qm.

Wir wenden uns nunmehr zur chemischen Reinigung des Wassers. Da ist zunächst eines Processes zu gedenken, der sich ohne Anwendung von chemischen Reagentien vollzieht, nämlich der Abscheidung von Mineralsubstanzen aus Kesselspeisewasser durch Erhitzen. Naturgemäß fallen hierbei hauptsächlich die ursprünglich als saure Salze gelösten Carbonate aus, und die verschiedenen Vorwärmer für Speisewasser, welche fortwährend construirt und patentirt werden, sind natürlich nur constructiv verschieden. Zumeist führen sie das Wasser in möglichst gut vertheilter Form in die erwärmten Räume ein (Brausen, Strömungen im Vorwärmer, Ausfüllung des Apparats mit porösen Materialien u. s. w.), lassen ihm Dampf entgegen streichen und sorgen für Absitzen oder Filtriren des Wassers. Näheres über diese Einrichtungen hier zu bringen, verbietet uns der Raum.¹⁾ — Von den Reinigungsmethoden des Wassers durch chemische Reagentien ist diejenige die einfachste, bei welcher die Luft als Reagens wirkt. Die Reinigung des Wassers durch Oxidation mit Sauerstoff der Luft spielt eine große Rolle schon bei der Selbstreinigung von Schmutzwässern. A. Müller²⁾ hat schon früher darauf

1) Dingl. p. J. 247. 1883. S. 454 ff. — 251. 1884. S. 265 ff.

2) Chem. Centralbl. [3] 17. 1886. S. 156.

hingewiesen, daß Spüljauche geneigt ist, sich unter dem Einflusse der Luft selbst zu reinigen, wobei insbesondere Nitrification eintritt. Der Hauptbestandtheil der Spüljauche ist Harn. Harn in hundertfacher Verdünnung wird durch den O der Luft rasch von seinen organischen Substanzen befreit, indem dieselben verbrannt werden. Diese starke Verdünnung ist allerdings Vorbedingung. Ungünstig wirkt die Gegenwart von Zucker, Alkohol, Essigsäure u. s. w. Kohlehydrate muß man durch Zusatz von Fermenten bei erhöhter Temperatur oder durch Einführung alkalisch wirkender Substanzen zerstören. Abwässer aus Zuckerfabriken reinigt man am besten durch Zusatz von Kalk und stickstoffhaltigen organischen Stoffen, wie Harn, und Einleitung einer kräftigen Gährung, worauf man behufs gründlicher Oxidation und Nitrification das Wasser zur Verrieselung verwendet. Zu dieser letzteren Manipulation wäre, wenigstens bei kalkarmem Boden, jenes Abwasser nicht ohne weiteres verwendbar, weil es in Folge seines Gehalts an Kohlehydraten den Boden versäuern würde. Nach H. Fleck¹⁾ schrieb man früher die Oxidation des Ammoniak's im Wasser der Anwesenheit organischer Gebilde zu. Der Versuch hat aber gelehrt, daß wahrscheinlich die innige Berührung mit Luft die Ursache dafür ist. Läßt man Wasser, welches Ammoniak enthält, durch einen Filterpapierstreifen von genügender Länge aus einem höher stehenden Glas in ein niedriger gestelltes langsam abfließen, so kommt stets wenig Wasser mit viel Luft in Berührung. Hierbei zeigt es sich, daß das Ammoniak in Ammoniumnitrat verwandelt worden ist. Bedenkt man, daß die Salpeterbildung im Erdboden nur bei Vorhandensein eines leicht durchlässigen Bodenmaterials stattfindet, so ist wohl anzunehmen, daß eine directe Oxidation des NH_3 durch den Sauerstoff der Luft zu H_2O , N_2O_3 und N_2O_5 stattfindet. J. König²⁾ endlich will von der Reinigung des Wassers durch Luft technische Anwendung machen. Abwässer aus Fabriken welche organische Stoffe verarbeiten enthalten letztere häufig neben Schlammtheilchen, Farbstoffen, Fäulnißprodukten (H_2S) u. s. w. und sind in der Regel arm an Sauerstoff. Die üblichen Reinigungsmethoden

1) Chem. Centralbl. [3] 15. 1884. S. 676.

2) Daff. [3] 14. 1883. S. 174.

entfernen die suspendirten Stoffe durch Filtration und suchen das Wasser mit Sauerstoff zu sättigen, welcher die gelösten Fäulnißstoffe oxydiren soll. Zur Sättigung des Wassers mit O wendet man gewöhnlich die Berieselung von Ländereien an. Noch besser wäre die allerdings zu theure Berieselung von Gradirwerken. An Stelle der beiden Methoden empfiehlt König die Ueberrieselung von Drahtgeweben. Es wurde ein 3.5 m hohes stark verzinnetes Drahtnetz, welches unter stumpfem Winkel mehrmals wellenförmig gebogen war, um die Oberfläche zu vergrößern, von einem Gestelle herab gehängt und mit Wasser überrieselt, welches fauligen Geruch besaß und reich an Schwefelwasserstoff war. Das Wasser enthielt in einem Liter

	Vor dem Herabrieseln.	Nach dem Herabrieseln.
ccm Sauerstoff	3.0	9.0
mg Schwefelwasserstoff	20.4	0.9
mg Schwefelsäure	48.6	72.0.

Es war also fast aller Schwefelwasserstoff zu Schwefelsäure oxydirt worden und gleichzeitig der faulige Geruch völlig beseitigt. Für die praktische Anwendung des Verfahrens müßte man das Wasser zuerst klären oder filtriren. Bei einem Gehalte von 20 mg H_2S im Liter genügt ein Drahtnetz von 4—5 m Höhe und 50 cm Breite; es können in der Minute 6—7 Lit. Wasser herabrieseln, wenn die erwähnte Wirkung vollständig erreicht werden soll.

Von den zur Wasserreinigung angewendeten chemischen Reagentien ist wohl der Kalk das zuerst benutzte. Die Reinigung des Wassers durch Kalk ist von Clark erfunden (Dies. Jahrb. 14, S. 356), aber, wie J. H. Porter mittheilt,¹⁾ nur wenig zur Anwendung gelangt, weil das Fällen und Absitzen der Carbonate zu viel Raum und Zeit erfordert. Zur Verbesserung des Verfahrens hat Porter die Anwendung von Filterpressen eingeführt. Nach diesem Clark-Porter'schen Proceß wird das Wasser der London- und North-Western-Eisenbahn, soweit es für Locomotivspeisung dient, gereinigt. Das Wasser gelangt in einen großen Cylinder, in welchem es mit Kalkmilch gemischt wird. Von hier geht das mit Kalk gesättigte und ziemlich klare Wasser in ein zweites großes Ge-

1) Dingl. p. J. 253. 1884. S. 35.

fäß, in welchem sich hartes Wasser beimischt. Es tritt völlige Fällung des kohlensauren Kalks ein. Das Wasser mit dem Niederschlag läuft auf Filterpressen, wo es den kohlensauren Kalk zurückläßt, und wird schließlich in Behältern angesammelt. Es findet hierbei also eigentlich Fällung durch Kaltwasser, mithin die Stingl'sche Methode Anwendung (Dies. Jahrb. 14, S. 359). Bemerket sei, daß nach R. P. Prosser¹⁾ die Erfindung der Methode, das Wasser durch Kalk weich zu machen, nicht Clark zukommt, der erst 1841 das betreffende Patent nahm, sondern vielmehr J. Melville, der bereits 1838 ein Patent darauf erhielt. Ziemlich umständlich erscheint das Reinigungsverfahren durch Kalk von E. M. Dixon²⁾, welches für Brauereizwecke geeignetes Wasser ergeben soll. Das Wasser wird mit überschüssigem Kalk versetzt, mit Luft und Dampf behandelt, wobei es bis zum Sieden erhitzt wird, filtrirt und hierauf siedend mit Kohlensäure vom überschüssigen Kalk befreit und abermals filtrirt (D.R.=P.)

Ein weiteres vielfach zur Wasserreinigung angewendetes Mittel ist die Magnesia. Die Wasserreinigung durch Magnesia wird, wie A. Scerbaceff berichtet³⁾, nach einer von Derschau herrührenden Methode zur Erzielung eines geeigneten Locomotivspeisewassers benutzt. Dabei ist nur ein Uebelstand, der nämlich, daß bei Kochsalzhaltigem Wasser schnell Corrosionen der Kesselwandungen eintreten. Es beruht dies auf bei 110—140° erfolgenden Wechselersetzungen zwischen Kochsalz und den entstandenen Magnesiasalzen, deren Produkt Salzsäure ist, z. B. $MgSO_4 + H_2O + 2 NaCl = Na_2SO_4 + MgO + 2 HCl$. Diese Umsetzung vollzieht sich allerdings nur in concentrirten Lösungen. Die Salzsäure greift alsdann das Eisen unter Wasserstoffentwicklung an, während die Magnesia sich ausscheidet. — Eine bekannte Reinigungsmethode durch Magnesia ist die von E. Bohlig erfundene, von ihm und G. D. Heyne, sowie von dem Letzteren und Weickert in der Ausführung, den Apparaten u. s. w. vervollkommnete Methode⁴⁾ (siehe Jahrb. 14,

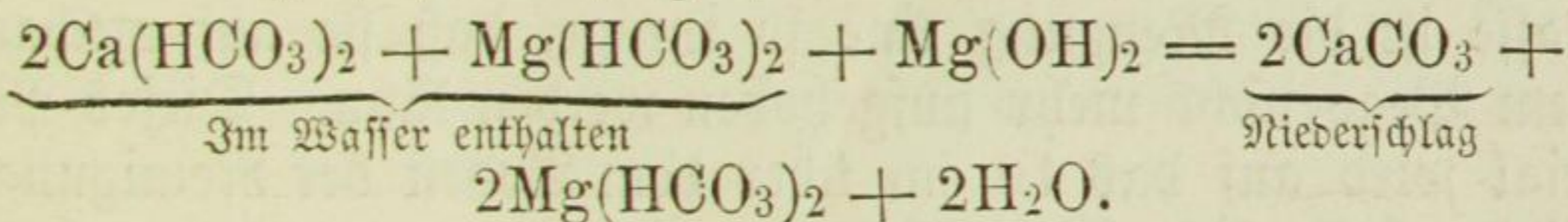
1) Chem. News. 52. 1885. p. 301.

2) Dingl. p. 3. 257. 1885. S. 107.

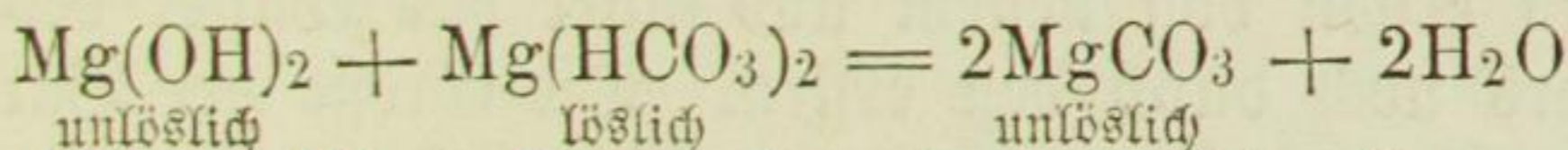
3) Chem. Centralbl. [3] 13. 1882. S. 829.

4) Dingl. p. 3. 247. 1883. S. 454. — Dtsch. Industrieztg. 24. 1883. S. 434.

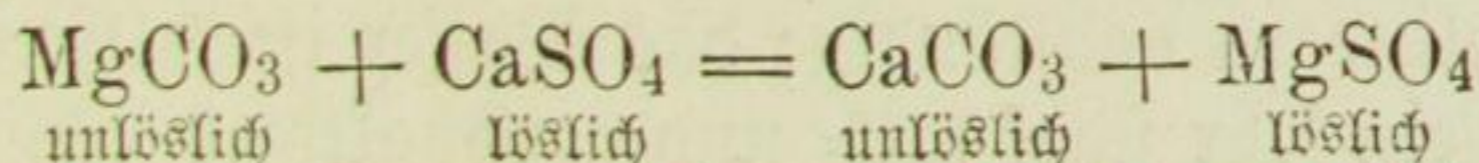
S. 380. 388). Dieselbe stützt sich auf die Thatsache, daß ge-
glühtes Magnesiumoxyd nach der Hydratation (Wasserbindung)
leicht die freie Kohlensäure des Wassers bindet und den dadurch
seines Lösungsmittels beraubten einfach kohlensauren Kalk zur
Auscheidung bringt. Dabei geht saures Magnesiumcarbonat
in Lösung, von welcher Verbindung in der Regel schon ein ge-
wisser Betrag im Wasser von vornherein enthalten war. Diese
Reaction läßt sich wie folgt formuliren:



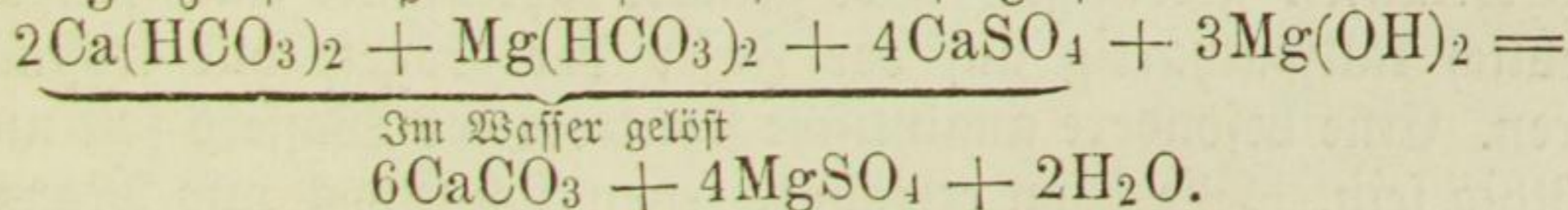
Für 2 Mol. saures Calciumcarbonat wären also 1 Mol.
Magnesia oder Magnesiahydrat nöthig. Weiter wird durch
diesen Proceß aber auch der Gypsgehalt des Wassers beseitigt.
Hierbei spielt sich eine doppelte Reaction ab. An und für sich
wirkt überschüssiges $\text{Mg}(\text{OH})_2$ auf gebildetes $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ nicht
ein. Dagegen findet eine solche Einwirkung unter dem Einflusse
von Gyps und in der vorhandenen Gypsmenge äquivalenten
Mengen statt:



Das gebildete Magnesiumcarbonat setzt sich aber mit dem
Gyps um:



Der ganze Proceß kann sonach wie folgt formulirt werden:



Es wird also stets eine genügende Reinigung des Wassers statt-
finden, wenn für eine überschüssige Menge von Magnesia Sorge
getragen wird; gleichzeitig ist tüchtiges Durchrühren von Wasser
und Reinigungsmittel nothwendig. Wird so gereinigtes Wasser
in alte mit Kesselstein besetzte Kessel eingelassen, so wirkt die
schwefelsaure Magnesia (MgSO_4) des gereinigten Wassers auf
den Kesselstein ein, wobei Gyps und Magnesia entstehen und
der Kesselstein allmählich schlammartig werden soll. Der alkali-
sch reagirende Kesselschlamm soll nie einen Kesselstein bilden
und nie Corrosionen des Kesselblechs veranlassen, dagegen etwa

vorhandene Säuren vollkommen neutralisiren. Die Ausführung der Reinigung geschieht gegenwärtig in selbstthätig und ununterbrochen wirkenden Reinigungsbatterien. Als Filtermaterial dient ein Gemisch aus fein gepulvertem Magnesiumoxyd mit groben Säge- oder Kaspelspähen. Das Gemisch enthält nach v. Cochenhausen 26 Proc. Magnesia und kostet 43 M. pro 100 kg. Beim Vermischen dieser Filtersubstanz mit Wasser tritt Erhitzung unter Hydratbildung ein und nach dem Erkalten der Masse ist die Mengung eine so innige, daß sie auf mechanischem Wege nicht mehr aufgehoben werden kann. Dieses Material wird auf das 10 cm über dem Boden der Reinigungscylinder befindliche Metallsieb und bis 10 cm unter dem oberen Cylinderrand dicht eingefüllt und mit einem zweiten fest aufgedrückten Siebboden abgeschlossen. 4 derartige Cylinder bilden eine Reinigungsbatterie. Das Wasser tritt von unten in den ersten Cylinder ein und geht von oben ab aus diesem in den unteren Theil des zweiten Cylinders u. s. w. Ist der erste Cylinder erschöpft, d. h. enthält er nicht mehr genug Magnesia, so läßt man das Wasser direct in den zweiten Cylinder gehen, füllt den ersten von neuem und führt das Wasser des vierten Cylinders noch durch den ersten. Die Größe der Batterie ist so zu wählen, daß nur einmal wöchentlich ein Umfüllen nöthig wird. Die Reinigung ist gewöhnlich schon nach dem Passiren von drei Cylindern vollständig; das Wasser ist kalkfrei und völlig klar; selbst ein sehr stark kalk- und gypshaltiges Wasser ist nach 10 Minuten gereinigt. Der gefällte kohlensaure Kalk soll angeblich kalkspathartig auf der Faser der Sägespähe krystallisiren. Eine besondere analytische Kontrolle des Wassers soll nicht nöthig sein. Wie schon erwähnt, setzen sich Gyps und Magnesiumcarbonat bei wenig über 100° zu kohlensaurem Kalk und Magnesiumsulfat um. Im Kessel, wo die Temperatur über 120° steigt, spielt sich aber der umgekehrte Proceß ab, d. h. aus $\text{CaCO}_3 + \text{MgSO}_4$ entstehen Gyps, Kohlensäure und Magnesiumhydroxyd. Hierauf beruhte die nachträgliche Zerstörung von Kesselstein in alten Kesseln. Geringe Mengen von Gyps gelangen aber auch durch die Reinigungsbatterie hindurch mit dem Wasser in den Kessel und scheiden sich hier beim Verdampfen des Wassers ab. Endlich zerfällt sich im Kessel die bei überschüssig vorhandenem Carbonat in Lösung bleibende doppelt

Kohlensaure Magnesia in Folge der Hitze zu Magnesiumhydroxyd und Kohlensäure. Man erhält also im Kessel einen Schlamm, der hauptsächlich aus Magnesiahydrat mit kleinen Beimischungen von Gyps besteht. Man bringt daher an der Stelle des Kessels, wo die Ausscheidung oder Ablagerung des Magnesia-schlammes hauptsächlich erfolgt, ein Rohr an, durch welches der Dampfdruck des Kessels den Schlamm continuirlich wieder in das Wasserzuleitungsrohr der Reinigungs-batterie drückt. Dieser Dampfdruck soll auch genügen, um das zu reinigende Wasser in die Batterie zu saugen, bez. zu pressen. Nach K. Weinlig enthielt ein Wasser in 100 000 Thl.

	Ungereinigt.	Nach Bohlig-Heyne gereinigt.
Gyps	24·51	4·60
Kohlensaurer Kalk	17·28	—
Kohlens. Magnesia	8·88	16·08
Kochsalz	5·68	5·81
Schwefels. Magnesia	—	26·77
	<hr/> 56·35	<hr/> 53·26

Wenn also auch die Gesamtmenge der festen Bestandtheile des Wassers nicht wesentlich vermindert ist, so sind doch die für die Speisung der Kessel gefährlichen Salze ganz oder in beträchtlichem Grade entfernt. Die Carbonate des Kalks und der Magnesia sind in dem Wasser natürlich als saure Salze gelöst. Nun enthält obiges Wasser aber noch Kochsalz, und dieses kann in doppeltem Sinne schädlich wirken: 1) indem es die völlige Ausscheidung der Magnesia aus ihrem Bicarbonat in der Hitze des Kessels verhindert, wobei alsdann der in Lösung bleibende Theil des Magnesiumcarbonats kesselsteinbildend wirken kann; und 2) indem bei starker Concentration der Lösung im Kessel eine Wechselzersehung von schwefelsaurer Magnesia und Chlornatrium unter Salzsäurebildung stattfinden dürfte. Das oben erwähnte gereinigte Wasser wurde 4 Monate zur Kesselspeisung benutzt und alsdann eine Probe des Kesselwassers untersucht. Sie enthielt in 100 000 Thl.:

Gyps	16·1
Magnesiumsulfat	298·9
Magnesiumcarbonat	13·2
Chlornatrium	83·9

Der Kesselschlamm dagegen bestand in der Hauptsache aus Magnesia, geringen Mengen von Gyps und 0.9 Proc. Eisen. Letzteres zeigte sich jedoch auch bei Anwendung von von Kochsalz freiem und in anderer Weise gereinigtem Wasser, kann also kaum durch Bildung von HCl von den Wandungen gelöst worden sein. Angenommen schließlich aber, daß die Umsetzung: $MgSO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + MgCl_2$; $MgCl_2 + H_2O = MgO + 2HCl$ stattfände, so würde dies im magnesiahaltigen Schlamme geschehen und also wahrscheinlich die Salzsäure unschädlich gemacht werden. Was den ersten Punkt (Kesselsteinbildung aus Magnesiumcarbonat) betrifft, so ist allerdings kohlensaure Magnesia im Kesselwasser durch Kochsalz in Lösung gehalten worden; die Untersuchung des Kesselinneren ergab aber völlig glatte und kesselsteinfreie Wandungen. Mithin scheint die Methode hauptsächlich noch auf ihre Kostspieligkeit mit anderen verglichen werden zu müssen.

Von vielen Seiten wird die Wasserreinigung durch Soda denjenigen durch Magnesia vorgezogen. Auf ihr beruht nach H. Walther-Meunier¹⁾ auch das von Gebr. Sulzer in Winterthur mit bestem Erfolg benutzte Speisewasserreinigungsverfahren. Die dort verwandten Wässer sind sehr reich an kohlensaurem Kalk, so daß man zu ihrer Reinigung früher pro 1 cbm stets 300 g calcinirte Soda brauchte. Neuerdings braucht man nur noch $\frac{1}{7}$ der früher verwendeten Menge, indem man das sodahaltige Wasser, welches sich in Folge seiner höheren Dichte am Boden der Dampfkessel ansammelt, von Neuem benutzt. Man läßt dieses Wasser vom Boden der Dampferzeuger ab und führt es in den Reinigungsapparat zurück. — Auch die Wasserreinigung durch Thonerdesalze ist nichts neues. P. L. Musten und F. A. Wilber²⁾ empfehlen dieselbe sogar als höchst einfach zur Trinkwasserreinigung und zwar seitens des Consumenten. Schon Zeumet fand 1864, daß der Zusatz von 0.4 g Alaun zu 1 Lit. stark verunreinigtem Wasser dies letztere nach der Klärung trinkbar macht. Die Klärung dauerte 7 — 17 Minuten. Der Alaun zerlegt sich dabei in schwefelsaures Kalium, welches sich auflöst, und ein basisches Alu-

1) Bull. d. l. Soc. de Mulhouse 54. 1884. p. 230.

2) Chem. News. 51. 1885. p. 241.

miniumsulfat, welches die suspendirten Stoffe bei seinem Niederfallen mitreißt. Bei obiger Zersetzung wird ferner Schwefelsäure frei, welche die Carbonate des Wassers in Sulfate verwandelt und dabei ebenfalls theilweise zur Fällung bringt. Die Zersetzung des Alauns kann man wie folgt formuliren: $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 + 2H_2O = K_2SO_4 + Al_2(OH)_2(SO_4)_2 + H_2SO_4$. Statt des Alauns ist auch Aluminiumsulfat verwendbar. Die Versuche der Verfasser beweisen, daß 0.13 g Alaun zur Reinigung von 4.5 Lit. Wasser ausreichend waren, daß aber allerdings bei Zusatz von mehr Alaun das Absitzen schneller geschieht. Für kleinere Mengen empfiehlt sich der Zusatz der kleinsten genügenden Alaunmenge und nachherige Filtration. — Die Firma F. Krupp hat Versuche mit Reinigung der Abwässer aus der Arbeitercolonie Kronenberg bei Essen angestellt¹⁾, welche auf Anwendung von Kalk und Eisenvitriol beruhen. Der Kalk muß als Hauptagens gewirkt haben, ehe der Eisenvitriol zugesetzt wird. Die Erfolge des Verfahrens sind höchst befriedigende. Sämmtliche im Abwasser suspendirte Stoffe, ein großer Theil der gelösten Substanzen und jedenfalls alle leicht zersetzlichen Körper gelangen mit wenig Reagens in kurzer Zeit zur Fällung, bezüglich Zersetzung. Der Preis für Chemikalien beträgt pro 1 cbm Wasser höchstens 0.9 Pfg. Selbstverständlich werden fortwährend eine große Anzahl anderer Reinigungsmittel angepriesen, die aber entweder nichts Neues bringen (so z. B. empfiehlt M. N a h u s e n²⁾ zur Reinigung von Abwässern, auch von organischen besonders stickstoffhaltigen Stoffen gleichzeitige Verwendung von Thonerdesalzen, Kalk und Kieselsäurehydrat, letzteres aus Wasserglas durch Zersetzen bei Hitze und hohem Druck erhalten) oder von denen man sich keine besonderen Vortheile versprechen kann (z. B. will H. Deining er und E. Schulze Plumbate von Alkalien oder alkalischen Erden zur Reinigung von Speisewasser benutzen). Von einer Besprechung dieser zahlreichen, meist patentirten Verfahren müssen wir hier natürlich absehen.

Zum Schlusse verweisen wir auf zwei sehr interessante Abhandlungen, auf deren nähere Besprechung wir leider ihres

1) Chemik. Ztg. 9. 1885. S. 1185.

2) Dies. 9. 1885. S. 85. 126. 638.

großen Umfanges halber nicht eingehen können. Die erste rührt von R. Caspari her und beschäftigt sich mit dem Einfluß der industriellen Thätigkeit auf die Beschaffenheit des Flußwassers.¹⁾ Nach längerer, zum großen Theile geschichtlicher Einleitung bespricht der Verfasser an der Hand eines sehr umfänglichen und werthvollen selbst gewonnenen Materials die Verunreinigung der Flüsse durch die Abwässer aus Färbereien Druckereien, Bleichereien, Woll- und Tuchfabriken, Papierfabriken, Holzschleifereien, Strohstoff- und Cellulosefabriken, Brauereien, Spiritus- und Zuckersfabriken und Gerbereien. Ausführlich wird auch der verschiedenen wirklich benutzten Reinigungsmethoden, sowie der hierbei erzielten Erfolge gedacht und in einem besonderen Abschnitte die Verwerthung des Ammoniakwassers der Leuchtgasfabriken abgehandelt. Der andere Aufsatz hat E. v. Cöchenhausen zum Verfasser²⁾ und bespricht die Reinigung des Wassers mit Berücksichtigung seiner Verwendung in der Textilindustrie, nebst Beiträgen zur technischen Wasseranalyse. Die Resultate der letzteren Arbeit sind in gedrängter Kürze die folgenden. Nach der Methode von de Haën (Jahrb. 14. S. 372) und von Bohlig (dieser Jahrg. S. 272) läßt sich nur Wasser für Kesselspeisung reinigen, dagegen kein Wasser für die Textilindustrie und ebenso kein solches, welches freie Säuren enthält. In beiden letztgenannten Richtungen sind die Methoden von Stingl und Schulze vorzuziehen (dies. Jahrb. 14. S. 357. 359). Auch sind die letzteren Reinigungsmethoden billiger als die ersten beiden. Die Abscheidung der als Carbonat im Wasser gelösten Magnesia gelingt eben so vollständig durch Kalk wie durch Natriumcarbonat, ja die Kalkreinigung ist vorzuziehen, weil hierbei nicht Soda in das Wasser gelangt, die ein Schäumen im Kessel bedingen würde. Nur wo Chlorid oder Sulfat des Magnesiums vorhanden sind, muß unbedingt die Reinigung durch Natriumcarbonat bewirkt werden. Die weiteren Resultate der v. Cöchenhausen'schen Arbeiten beziehen sich auf die analytische Untersuchung des Wassers; wir heben nur die von E. v. Cöchen-

1) Programm der technischen Staatslehranstalten in Chemnitz 1884. S. 3—43.

2) Ebenda 1886. S. 3—35.

hausen gleichzeitig mit, aber unabhängig von G. A. Kaupenstrauch gefundene Thatsache hervor, daß man sehr wohl von einer constanten Löslichkeit des Gypses in Wasser sprechen kann, wenn man nur auf die Art des Gypses und die Zeit Rücksicht nimmt, welche seit Darstellung der Lösung verstrichen ist. Es wird daher eine gesättigte Gypslösung als einfachstes Reagens zur Herstellung einer titrirten Seifenlösung empfohlen.

Das Wassergas.

Wenn man Wasserdampf über genügend erhitzte Kohlen leitet, so findet bekanntlich eine Reduction des Wassers in der Weise statt, daß sein Wasserstoff frei wird. Das Reductionsmittel, der Kohlenstoff, oxydirt sich aber hierbei auf Kosten des Sauerstoffs aus dem Wasser zu Kohlenoxyd, welches ebenfalls ein Gas ist. Man erhält also als Reactionsproduct theoretisch aus zwei Volumen Wasserdampf durch ein Atom Kohlenstoff ein Gasgemisch aus zwei Volumen Wasserstoff und zwei Volumen Kohlenoxyd: $H_2O + C = CO + H_2$. Dieses Gasgemisch bezeichnet man als Wassergas. Wie aus der Natur der im Gemische enthaltenen einzelnen Gase hervorgeht, ist das Wassergas brennbar, aber brennt nur mit nicht leuchtender Flamme. Während es also zu Heizzwecken ohne Weiteres verwendet werden kann, muß man ihm zu Beleuchtungszwecken erst einen Stoff beimischen, welcher die Flamme leuchtend macht, oder durch die Wassergasflamme irgend einen geeigneten festen Körper in's Glühen bringen und auf solche Weise Licht erzeugen. Das Wassergas hat fortgesetzt das Interesse der Techniker wie der gebildeten Welt überhaupt in Anspruch genommen. Dies beweist die jährlich anwachsende Literatur über dasselbe, sowie die große Reihe von Versuchen, welche mit dem Gase angestellt worden sind. Auch das Jahrbuch hat bereits zweimal über das Wassergas berichtet (siehe Jahrb. 11, 1875, S. 284 und 16, 1880, S. 267). Von dem gegenwärtigen Stande der Darstellung und Verwendung des Wassergases Nachricht zu geben, ist Zweck dieser Zeilen, wobei nur das Wichtigste aus der neueren Literatur hervorgehoben werden kann. Längere Abhandlungen über Wassergas liegen z. B. vor von C. Winkler, (1881)¹⁾,

1) Jahrb. f. Berg- u. Hüttenwesen in Sachsen, 1881.

B. Andreae (Die neusten Erfolge des Wassergases, Wien 1884), J. v. Ehrenwerth (1884)¹⁾, Osthues (Ueber die Fabrication und Verwendung des Wassergases, Dortmund 1885), über die Verwendung des Wassergases in der Fabrik von Schulz, Anandt und Co. in Essen (1885)²⁾ und von E. Blas (1886).³⁾ Kürzere Aufsätze u. s. w. werden an geeigneter Stelle Erwähnung finden.

Mit einigen allgemeinen Bemerkungen sei begonnen. Wenn sich C mit O zu CO verbindet, werden 28 590 Wärmeeinheiten frei; bei der Zersetzung des Wassers nach der Gleichung $\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{O}$ werden dagegen 57 560 Wärmeeinheiten gebunden. Demnach erfordert der Proceß der Wassergasbildung für jedes Atom C, welches in CO übergeführt wird, einen Wärmeverbrauch von 28 970 Calorien. Dies hat zur Folge, daß der Ofen, welcher die glühenden Kohlen enthält, sich alsbald abkühlt und daher durch Aussetzen des Wasserdampfzutritts und Einblasen von Luft wieder auf eine genügende Temperatur gebracht werden muß. Hierbei verbrennt aber Kohlenstoff zu Kohlensäure: $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$. Jedes zu CO_2 verbrennende Kohlenstoffatom liefert 96 960 cal. Mithin muß für jedes Atom C, welches bei der Wassergasbildung zu CO verwandelt wird,

$$\frac{28\,970}{96\,960} = 0.298 \text{ C oder } 0.298 \times 12 =$$

3.576 Gewichtstheil Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrannt werden. Um z. B. 100 kg Kohlenstoff bei der Wassergasbildung in Kohlenoxyd zu verwandeln, müssen 29.8 kg Kohlenstoff als Heizmaterial zu Kohlensäure verbrannt werden. Allerdings findet man in dem Wassergase nicht nur das Aequivalent des Heizmaterials der 100 kg in CO verwandelten Kohlenstoffs wieder, sondern auch des Aequivalent der 29.8 oder rund 30 kg des hierzu aufgewendeten Heizkohlenstoffs, wie aus folgender Berechnung hervorgeht: 1 Mol. CO liefert bei Verbrennung zu CO_2 68 370 cal, desgleichen 1 Mol. H_2 bei der Verbrennung zu H_2O 57 560 cal, dies macht zusammen 125 930 cal. Die bei der Verbrennung von 1 C zu CO_2 gelieferte Wärmemenge

1) Chem. Centralbl. [3] 15. 1884. S. 767.

2) Dtsch. Industrieztg. 26. 1885. S. 314.

3) Journal f. Gasbeleuchtung 29. 1886. S. 221. 223.

von 96 960 cal beträgt also 28 970 cal weniger, als wenn dieses Atom Kohlenstoff in gleicher Weise, wie das im oben angeführten Molekül Kohlenoxyd enthaltene Kohlenstoffatom zur Wassergasbildung beigetragen hätte. Mithin erscheint der oben angegebene Wärmeverbrauch bei der durch Verbrennung des Wassergases erzielten Wärmemenge als ausgeglichen. Wollte man an Stelle von Kohle zur Wiederheizung des Ofens das Wassergas selbst benutzen, so würde man 23 % des erzeugten Gases hierzu verbrauchen und würde alsdann bei Verbrennung des noch vorhandenen Wassergases genau das Äquivalent der Verbrennungswärme von dem aufgewendeten Kohlenstoff wieder finden, also keinen Ueberschuß an Wärme, entsprechend dem Mehraufwande an Kohlenheizmaterial, erhalten.

Nach J. von Ehrenwerth muß Wassergas als Brennstoff verglichen werden einerseits mit Generatorgas und andererseits mit Leuchtgas. Es ergibt sich bei diesem Vergleich, daß Wassergas ein viel concentrirter Brennstoff ist als Generatorgas. Gleiche Wärmeerzeugung erfordert daher weniger Wasser- als Generatorgas, giebt weniger Verbrennungsproducte und geringeren Verlust an Wärme durch die Essengase, nämlich 7 Proc. Verlust beim Wasser- und 11 Proc. Verlust beim Generatorgas. Aber die Maximaltemperatur ist bei weitem nicht in dem Maße höher, als man nach der theoretischen Verbrennungstemperatur schließen könnte; der Unterschied in dieser Richtung ist bei den beiden genannten Gasen am größten, wenn die Verbrennungsluft kalt zugelassen wird. Das Wassergas liefert auch ohne Vorwärmung sehr hohe Temperaturen und zwar bei Zuführung beschränkter Luftmengen, so daß die Flamme weniger oxydirend (oder reducirend) wirkt, als die des Generatorgases. Es entsteht bei Wassergas ferner eine längere Flamme als bei Generatorgas und ersteres ist leichter entzündlich als letzteres. Nun ist aber der Preis in Rücksicht zu ziehen, und dieser hängt im Wesentlichen vom Kohlenstoffaufwand ab. Da ergibt sich, daß das Generatorgas bei weitem weniger Kohle braucht, als das Wassergas. Berücksichtigt man ferner die höheren Anlage- und Betriebskosten für Wassergas, so kann von einer allgemeinen Verwendung desselben als eines industriellen Brennstoffes kaum die Rede sein. Wohl aber wird das Wassergas für einzelne Prozesse eine hohe Bedeutung behalten

und erlangen, so z. B. für das Schweißen der Röhre von Wellrohrkesseln, in der Roheisenerzeugung, in der directen Eisenerzeugung u. s. w. Für Haushaltungen ist ferner Wassergas viel billiger als das sonst noch in Frage kommende Leuchtgas, wenn es auch allerdings größere Leitungen erfordert. Ueber die Kosten giebt folgende Zusammenstellung Auskunft.

Es kosten 10 000 Liter

	Pfennige.	Durchmesser der Gasleitung.
Leuchtgas	33·4	1
Wassergas	7·0	1·47
Bull's Wassergas	7·8	1·51
Steinkohlengeneratorgas	3·4	2·85.

Nach E. Blasß enthält das Wassergas bei genügend hoher Temperatur gar keine Kohlensäure und besteht alsdann aus 50 Proc. Kohlenoxyd und 50 Proc. Wasserstoff dem Volumen oder 93·318 Proc. Kohlenoxyd und 6·682 Wasserstoff dem Gewichte nach. Bei sinkender Temperatur gelangt dagegen immer mehr Kohlensäure und immer weniger Kohlenoxyd in das Gas. Wird Kohlensäure über Kohlenstoff geleitet, so fängt bei 550° die Reduction von CO_2 zu CO an und bei 1000° ist sie vollständig. Aehnlich verhält es sich mit dem Wasserdampf: bei 500° geht die Reaction $2 \text{H}_2\text{O} + \text{C} = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2$ vor sich, während bei 1000 — 1200° die Reaction $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$ stattfindet. Man könnte vielleicht auch annehmen, daß unter allen Umständen nur der erste Proceß sich abspiele, die hierbei gebildete Kohlensäure aber durch den auf 1000° und mehr erhitzten Kohlenstoff zu Kohlenoxyd reducirt werde: $\text{CO}_2 + \text{C} = 2 \text{CO}$. Beachtenswerth ist, daß von ungefähr 600° an auch Kohlenoxyd den Wasserstoff des Wassers reduciren kann, wobei Wärmeentwicklung stattfindet: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$.

Ueber die Darstellung, Verbrennung, Wärmeleistung u. des Wassergases sind folgende Angaben zu machen. 1 cbm Wassergas erfordert $0·403 \text{ kg} = 0·68 \text{ cbm}$ Wasserdampf + $0·27 \text{ kg}$ Kohlenstoff, wobei 775 cal verbraucht werden. 1 cbm Wassergas besteht aus $0·5 \text{ cbm} = 0·625 \text{ kg CO} + 0·5 \text{ cbm} = 0·0448 \text{ kg H}$ und erfordert zur Verbrennung $2·387 \text{ cbm} = 3·1 \text{ kg}$ atmosphärische Luft. Dabei werden 3023 cal entwickelt und es wird die Temperatur von 2800° C erzielt. Die Kosten eines Kubikmeters Wassergas betragen je nach den Umständen

1—4 Pfennige. B. Andreae ist der Ansicht, daß die Leuchtgasfabriken, sollen sie die Concurrenz des elektrischen Lichtes auf die Dauer aushalten, in Fabriken von Wassergas verwandelt werden müssen. Dasselbe könnte direct zu Heizzwecken benutzt werden; zu Leuchtzwecken müßte es carburirt werden, wozu sehr billiges Material in großen Mengen zur Verfügung steht. Entgegen der Meinung von v. Ehrenwerth wäre nach Andreae eine Veränderung der schon bestehenden Rohrleitungen für Leuchtgas nicht nöthig.

Osthues betont insbesondere den Werth des Wassergases als Heizmaterial. Die Fortschritte der Technik auf dem Gebiete des Beleuchtungswesens sind sehr große, dagegen ist die Technik auf dem Gebiete der Ausnutzung unserer Wärmequellen zu industriellen Zwecken sehr zurückgeblieben. Das ist schon aus der Thatsache abzusehen, daß wir fast ausschließlich feste Brennmaterialien benutzen, die erfahrungsmäßig viel schlechter ausgenutzt werden als gasförmige. Bei Kohlen findet z. B. ein Verlust von 80—85 Proc. statt. Dies liegt zum Theil daran, daß die Kohle eine compacte Masse darstellt und somit der Sauerstoff der Luft nicht genügend zu den einzelnen Theilchen Zutritt finden kann; außerdem ist der Sauerstoff der Luft durch sein vierfaches Volumen Stickstoff verdünnt und dieser letztere muß schließlich noch mit geheizt werden. Die schlechte Ausnutzung der Kohle zeigt der Rauch der Dampfen und die Thatsache, daß aus unseren Stubenfüllöfen ein gut Theil Kohlenstoff als Kohlenoxyd entweicht, also nicht vollständig verbrannt ist. Um nun aus festen Brennmaterialien gasförmige zu erzeugen, giebt es im Allgemeinen drei Methoden: die trockne Destillation (Leuchtgas), die unvollständige Verbrennung des C zu CO (Generatorgas) und endlich die Erzeugung von Wassergas. Am besten wird dasjenige gasförmige Brennmaterial sein, auf welches der in der Kohle enthaltene Brennwerth am vollständigsten übergeführt ist und welches am wenigsten unverbrennliche Stoffe beigemischt enthält. Im Leuchtgas sind nur ungefähr 30 Proc. der in der Kohle vorhandenen Wärmemenge enthalten; unverbrennliche Gase enthält es wenig; dagegen rußt es, wenn es direct zu Heizzwecken benutzt wird. Beim Generatorgas sind 29.5 Proc. des Wärmeverraths der Kohle verloren, falls dasselbe erst durch Rohrlei-

tungen gefühlt wird, 19 Proc. wenn man es bei etwa 500° benutzt. Außerdem enthält Generatorgas circa 70 Proc. unverbrennlichen Stickstoff. Für Leuchtzwecke ist es gar nicht verwendbar und seine Flammentemperatur ist gering. Wassergas endlich enthält den Wärmewerth der Kohlen vollständig; es kommen aber davon bei der Verbrennung nur ungefähr 92 Proc. zur Geltung, weil das entstehende Wasser geheizt werden muß. Unverbrennliche Gase enthält das Wassergas nicht. Die Flammentemperatur beträgt bei Leuchtgas 2700° , bei Generatorgas 1935° und bei Wassergas 2859° C. Das Wassergas ist also für Heizzwecke entschieden das beste; für Leuchtzwecke muß es carburirt oder aus Brennern mit Glühkörpern gebrannt werden, welche letztere Methode vorzuziehen ist, da bei der ersteren zwei Leitungen (eine für Heizgas, die andere für Leuchtgas) nöthig wären. Das Wassergas ist ein permanentes Gas und kann ohne Verdichtung einem starken Drucke unterworfen werden, während Leuchtgas schon bei 10 atm Druck Kohlenwasserstoffe ausscheidet. Es ist keineswegs, wie behauptet und gegen seine Anwendung in's Feld geführt wird, geruchlos, läßt sich aber außerdem durch Beimischung beliebiger Riechstoffe mit starkem Geruche begaben. Das hat deshalb einen gewissen Vorzug, weil andernfalls der Eintritt des feines Kohlenoxydgehaltes wegen stark giftigen Gases in bewohnten Räumen möglicher Weise nicht bemerkt werden könnte. Jede Gasfabrik läßt sich leicht in eine Wassergasfabrik umwandeln, und unter besonders günstigen Verhältnissen läßt sich 1 cbm Wassergas für 1—2 Pfg. herstellen.

Die ersten Versuche für Anwendung von Wassergas sind nunmehr auch in Deutschland gethan, nachdem schon lange in Amerika die Benutzung des Wassergases eingeführt ist. In Amerika sind insbesondere drei Apparate in Anwendung, derjenige von Tessié du Motay, welcher von Ferzmanowski verbessert wurde, derjenige von Lowe und endlich der von Strong herrührende. Einen eigentlichen Erfolg haben nach B. Andrae nur die beiden ersteren zu verzeichnen, bei welchen das erzeugte Gas durch Petroleum, Petroleumrückstände u. s. w. carburirt und also in Leuchtgas verwandelt wird. Der Apparat von Tessié du Motay besteht aus einem Generator, der abwechselnd mit Luft angeblasen und mit überhitzten Wasserdampf gespeist wird. Zur Ueberhitzung des letzteren dient ein

System von schmiedeeisernen Röhren, welche in der Zwischenwand des aus zwei Kammern bestehenden Generators untergebracht sind. Der Querschnitt des Generators ist kreisförmig. Die Gase, welche beim Anblasen der Kohle entstehen, die Verbrennungsgase, werden ins Freie abgelassen. Die Carburirung erfolgt in einem besonderen Apparate, in welchem die eingelassenen flüssigen Kohlenwasserstoffe durch Dampfsheizung vergast und mit dem durch einen Regulator einströmendem Wassergas vermischt werden. Das carburirte Gas geht schließlich noch durch eine Reihe von geheizten Retorten, in denen die Mischung so innig gemacht wird, daß ein permanentes Gas entsteht. Dieses wird in den gewöhnlichen Reinigungsapparaten der Gasfabriken gereinigt. — Beim Apparat von Lowe findet keine Ueberhitzung des Wasserdampfes vor Eintritt in den Generator statt. Die Verbrennungsgase (vom Anblasen des Ofens mit Luft herührend) werden nicht ins Freie gelassen, sondern dienen zum Anwärmen eines Regenerators. Durch diesen Regenerator geht das bereits im Generator erzeugte Gemisch aus Wassergas und Kohlenwasserstoffen behufs seiner Verwandlung in ein permanentes Gas. Der in den Generator eintretende Wasserdampf reißt direct die flüssigen Kohlenwasserstoffe mit sich. (Hier sei die Bemerkung von E. Blas angeführt, daß schwere Kohlenwasserstoffe und Sumpfgas beim Erhitzen mit Wasserdampf ebenfalls Wassergas geben sollen.) — Der Apparat von Strong endlich bewirkt die Ueberhitzung des Wasserdampfes in zwei neben einander liegenden, dem Generator angebauten Kammern, welche mit feuerfesten Steinen ausgesetzt sind. Der Querschnitt des Ofens ist rechteckig. Die Verbrennungsgase dienen zum Anwärmen der Kammer, in welcher der Wasserdampf erhitzt werden soll und hierauf noch zur Erzeugung des Wasserdampfes. Die Carburirung des Gases geschieht entweder in einem besonderen Apparate oder durch directes Einführen der Kohlenwasserstoffe in den Ofen. Im letzteren Falle muß eine Kammer neben dem Generator nicht zur Ueberhitzung, sondern zur Fixirung des carburirten Gases dienen.

Am billigsten von den drei Apparaten ist derjenige von Lowe; aber die Betriebsergebnisse fallen bei der Arbeit mit dem Ofen von Tessié du Motay etwas günstiger aus, weil beim Einlassen der Kohlenwasserstoffe in den Generator, wie

bei der Unterbrechung der Wassergaserzeugung namhafte Verluste einzutreten scheinen. Bei einer amerikanischen Leuchtgasfabrik kamen 28·32 cbm Steinkohlenleuchtgas von 16 Kerzen Leuchtkraft auf 3 Mk. 20 Pfg. bis 3 Mk. 50 Pfg. zu stehen. Diese Fabrik ging zur Erzeugung von carburirtem Wassergas über und lieferte nunmehr ein Wasserleuchtgas von 21—26 Kerzen Leuchtkraft zum Preise von 1 Mk. 94 Pfg. bis 2 Mk. 4 Pfg. für dieselbe Menge. Es scheint hieraus hervorzugehen, daß in Amerika sicher die Steinkohlengas- durch die Wassergasfabrication wird verdrängt werden. In Brooklyn, New-York, Baltimore u. s. w. ist in der That die tägliche Production an Wassergas schon auf über 142 000 cbm gestiegen. Der niedrige Preis dieses Gases erklärt sich daraus, daß man minderwerthige Kohle verwenden kann und das Carburirungsmaterial außerordentlich billig ist. Das Gas rußt weniger, als amerikanisches Leuchtgas, brennt weißer als dieses, und erfordert nur die gewöhnlichen Leuchtgasbrenner. Doch hasten den amerikanischen Processen noch mancherlei Unvollkommenheiten an; insbesondere wird der Generator, den man bei möglichst gleichmäßiger hoher Temperatur erhalten müßte, durch Nachfüllen von Brennmaterial, Zuführung von kalter Luft u. s. w. häufig stark abgekühlt. Auch die Verbrennung erleidet eine falsche Leitung.

In Deutschland ist das Wassergas in der Fabrik von J. Pintsch in Fürstenwalde und von Schulz, Knaut u. Co. in Essen (Walzwerk) eingeführt. Ueber die Einrichtungen und Leistungen der Wassergaserzeugung in letzterer Fabrik sei einiges berichtet. Durch die im Generator glühende Kohlenmasse wird überhitzter Wasserdampf geblasen; das gebildete Wassergas gelangt in einen Sammelapparat. Ist die Temperatur des Generators zu weit gesunken, so wird Luft eingeführt, die Verbrennungsgase gehen durch 2 Regeneratoren ins Freie. Der Generator besteht aus einem Cylinder und ist aus feuerfesten Steinen mit Kesselblechverkleidung hergestellt. An der Stelle des Luftzutritts ruht er auf einem mit Wasser gekühltem Ringe, unter welchem ringsum sich die Luftgebläsedüsen befinden. Die Einfüllung der Kohlen geschieht von oben her. Neben dem Generator stehen zwei ähnlich gestaltete Regeneratoren, durch welche die Verbrennungsgase gehen, und zwar vom oberen Ende des Generators in den oberen Theil des ersten Regenerators und

vom unteren Ende des ersten in den unteren Theil des zweiten Regenerators. Aus dem oberen Theil des letzteren entweichen die abgekühlten Gase in den Schornstein. Nach Abstellung des Luftzutritts zum Generator geht der Wasserdampf den umgekehrten Weg durch die Regeneratoren und nutzt so die Wärme der letzteren aus. Der Generator ist mit Abfallkohle von Puddel- und anderen Ofen besetzt, die gewaschen sind und etwa zur Hälfte aus Kohle bestehen; doch muß diesem geringwerthigen Material unter Umständen noch Koksgrus zugesetzt werden. Der Dampf tritt aus dem zweiten Regenerator in den Generator und wird so lange zugelassen, bis die Kohlen nur noch dunkel rothglühend sind. Alsdann bewegt man ein Handrad, welches einerseits den Zugang zum Gasometer und dem Wasserdampf absperrt, andererseits das Ventil für Zutritt gepreßter Luft und den Weg zum Schornstein öffnet. Das Feuer beginnt sofort wieder lebhaft zu werden; die Gase treffen oben im Generator auf einen Luftstrom, der die vollständige Verbrennung von etwa gebildetem Kohlenoxyd bewirkt; die Verbrennungsgase geben ihre Hitze in den Regeneratoren ab und entweichen in die Esse. Ist die Gluth wieder lebhaft, so wird Dampf eingelassen und durch den Dampf der Rest der Verbrennungsgase ausgeblasen; erst wenn dies geschehen ist, schließt man den Zugang zur Esse und öffnet denjenigen zum Gasometer. Die Luftzuführung dauert 10 Minuten, die Dampfszuführung 5 Minuten. Das erzeugte Wassergas enthält 90 Proc. brennbare und 10 Proc. unverbrennliche Gase, nämlich 50 Vol. Proc. Wasserstoff, 40 Proc. Kohlenoxyd einerseits, 5 Proc. Kohlen Säure, 5 Proc. Stickstoff und Spuren von Schwefelwasserstoff andererseits. Zum Heizen ist das Gas sofort zu benutzen; für Gasmaschinen oder zu Beleuchtungszwecken muß es erst mit Eisenhydroxyd gereinigt werden. Die Beleuchtung geschieht aus Brennern mit Glühkörpern. Die gesammte Anlage erzeugt 6000—7000 cbm Gas in der Stunde. 1 kg der verwendeten Kohle liefert 1 cbm Gas. Die Anlage, bestehend aus Generator, zwei Regeneratoren, Ventilator, Dampfkessel und Dampfmaschine und Gasometer für 500 cbm Gas kostet 42000 M. Zum Betrieb des Apparates ist ein Mann nöthig; das Reinigen des Ofens von Schlacken und Asche erfolgt zweimal täglich in 8—10 Minuten. Unter Annahme von 15 Proc. Verzinsung und Amortisation und

des Preises von 5 M. für 1 Tonne Heizmaterial kostet 1 cbm Gas ungefähr 1 Pfg. Der einzige Mangel des Processes ist der, daß der Wasserdampf- und also auch Wassergasstrom kein ununterbrochener ist. Möglicher Weise wäre dem dadurch abzuhelfen, daß man den Generator von außen heizte und dadurch stets auf genügend hoher Temperatur erhielte.

Einen solchen continuirlich wirkenden Wassergasofen haben Farbaký und W. v. Sólcz angegeben.¹⁾ Derselbe besteht aus zwei Generatoren, welche oberhalb des Kofes durch einen Schlitý mit einander in Verbindung stehen. Näheres über den Betrieb des Apparates ist nicht mitgetheilt; die Kohle soll bei ihm stets im Generator glühend sein, das Wassergas kohlenäurefrei und sttckstoffarm werden. Der Wärmeverlust wird zu 5—6 Proc. und die Verbrennungstemperatur zu 2408° angegeben. Das Gas soll stets gleichmäßige Zusammensetzung besitzen.

Noch ist über das Wassergasglühlicht²⁾, von welchem schon mehrfach die Rede war, näheres zu berichten. Der Erfinder desselben ist D. Fahnehjelm; die patentirte Erfindung beruht darauf, daß man durch das an sich ohne Leuchten verbrennende Wassergas feste Körper in heftige Gluth versetzt und von diesen Licht ausgestrahlt erhält. Es ist dieses Verfahren für deutsche Verhältnisse unstreitig richtiger, als wenn man das Wassergas carburiren wollte. Als Brenner dienen Zweiloch- oder Fischschwanzbrenner, mit deren Hülfe eine lebhafteste Verbrennung und hohe Temperatur erzielt wird. In diese Flamme werden die Wassergasglühkörper eingestellt (s. Fig. 21 bis 23). Diese Glühkörper bestehen aus einer großen Anzahl von neben einander gestellten feinen runden oder glatten Nadeln oder Lamellen aus feuerfestem Material. Am geeignetsten ist Magnesia, sowohl ihrer Wohlfeilheit, als des glänzend weißen Lichtes wegen, welches sie beim Glühen giebt. Endlich kommt ihre geringe Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel und ihre geringe Hygroskopicität in Rechnung. Die Fabrication der Glühkörper geschieht am besten wie folgt: die Magnesia wird in Pulverform mit Stärke, Gummi oder einem ähnlichen Bindemittel

1) Chem. Centralbl. [3] 17. 1886. S. 287.

2) Journ. f. Gasbeleuchtung 28. 1885. S. 326. 801.

zu einem steifen Brei verarbeitet, und dieser wird dann durch mit Mundstück versehene Pressen in dünne Stränge gepreßt. Die Stränge werden in passende Längen zerschnitten. Die Stücke trocknet und glüht man und steckt sie dann in entsprechender Anzahl (bis zu 100) in den plastischen Thon, welcher die Höhlung des aus dünnem Bleche in N förmigem Querschnitt gefertigten Rückens erfüllt. Der Rücken muß sich in seiner Form der Flammenform anschließen, oder man muß bei geradem Rücken (Fig. 22) die Nadeln nach der Mitte zu kürzer wählen. Die Brenner müssen ferner eine Vorrichtung besitzen, an welcher der

Fig. 21.

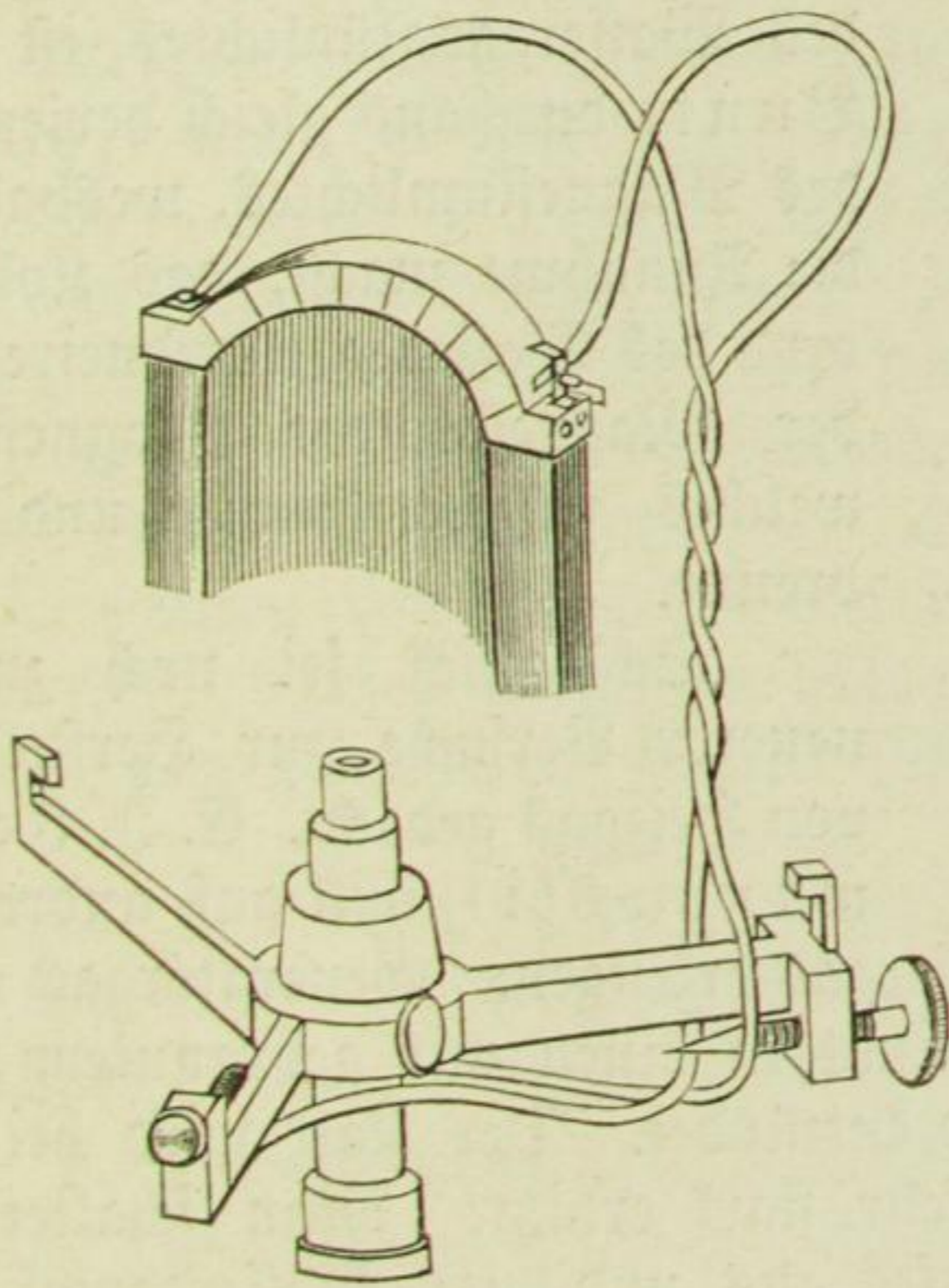
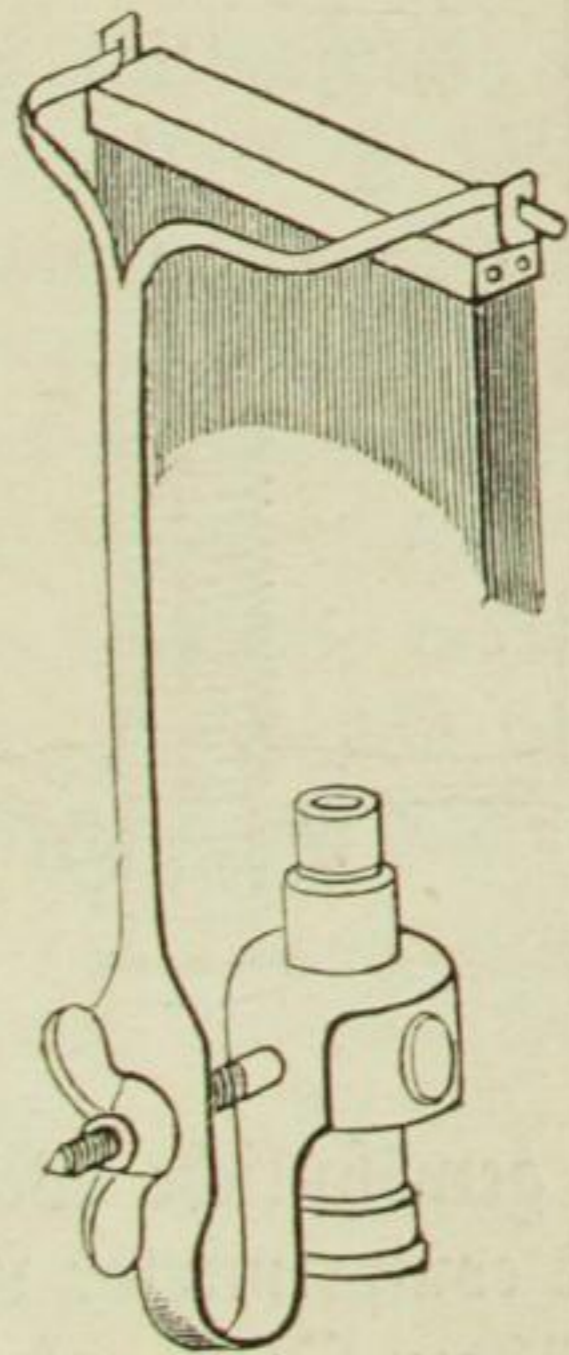


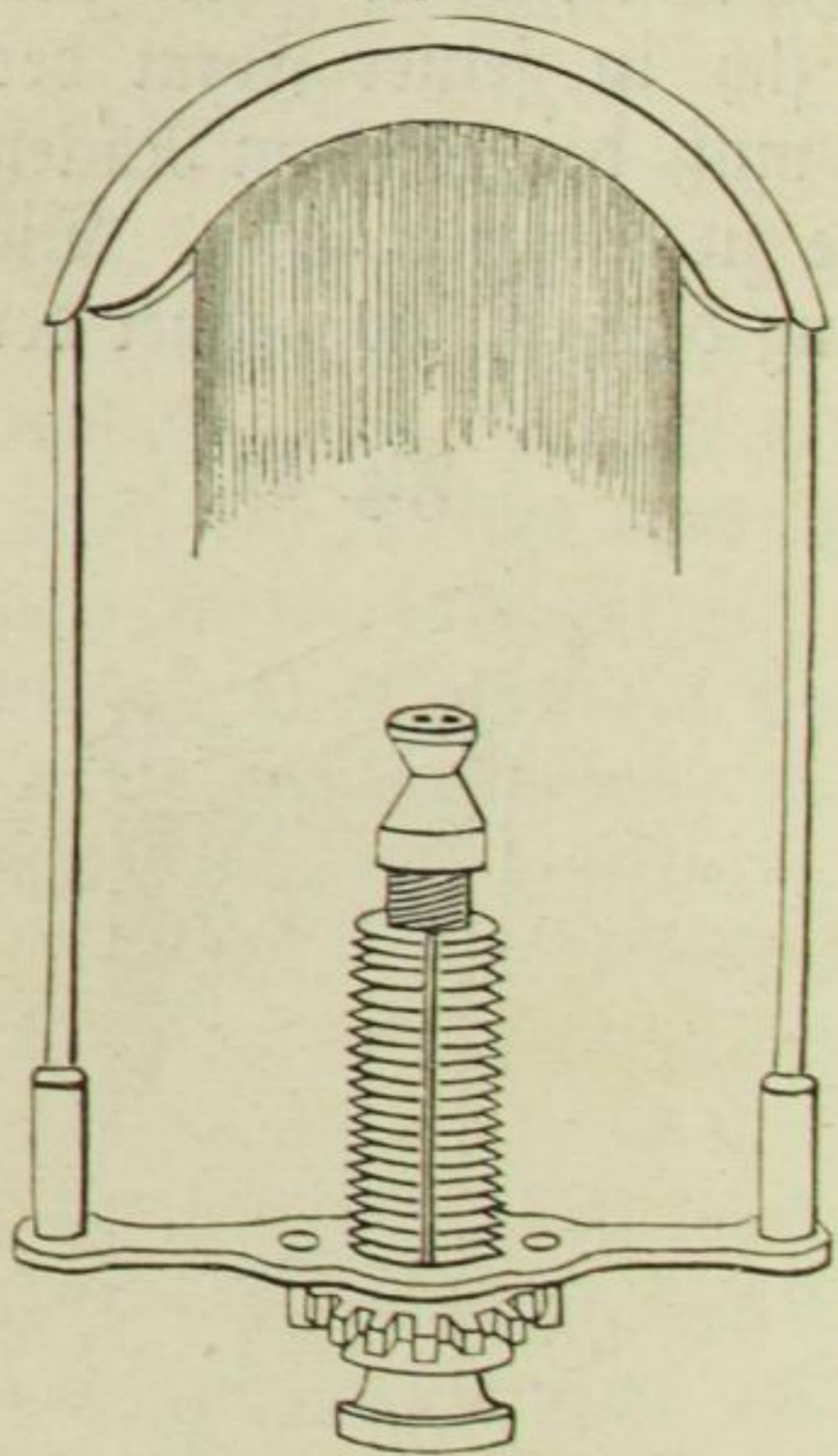
Fig. 22.



Rücken mit den Glühkörpern verstellbar befestigt werden kann. Diese Verschiebung muß sowohl in horizontaler wie in verticaler Richtung möglich sein, weil im Wassergaslicht selbst Magnesia einen gewissen Grad der Flüchtigkeit besitzt, daher die Nadeln allmählich kürzer werden. Bei Fig 21 ist außerdem auf Befestigung einer Milchglasglocke Rücksicht genommen. Fig. 22 giebt die neueste Construction eines solchen Brenners wieder. Das Gaszuleitungrohr besitzt ein Schraubengewinde, dessen Mutter an eisernem Bügel den Kamm mit den Glühkörpern, die in zwei Reihen angeordnet sind, trägt. Die Nadeln sind

1.5 mm dick und von porcellanähnlichen Ansehen; die Flamme muß zwischen die beiden Reihen der Nadeln schlagen, welche Stellung man durch Auf- und Abschrauben des Bügels erzielen kann. Nach wenigen Secunden strahlt der glühende Kamm bereits ein schönes ruhiges weißes

Fig. 23.



Licht aus, welches bei gleichem Gasconsum 11—12 Proc. höhere Lichtstärke als Leuchtgas besitzt. Die Brauchbarkeit eines Kamms erstreckt sich über 80 bis 100 Stunden Brenndauer; ein fertiger Kamm kostet ungefähr 20 Pfg. Die Farbe des Wassergasglühlichtes ist nach Bunte durchaus gleich derjenigen des Magnesiumlichtes, weshalb er die Annahme macht, das Kohlenoxyd des Wassergases reducire aus der Magnesia das Magnesium, welches sich verflüchtigt und verbrenne.

Schließlich sei noch zweier neuerer Versuche zur Herstellung von Heizgas gedacht. E. J. Ferzmannowski¹⁾ will auf andre als

die gewöhnliche Weise Wassergas erzeugen. Generatorgas wird mit comprimierter Luft gemischt in einen mit gebranntem Kalk gefüllten Ofen geleitet und entzündet. Der Kalk wird bei der Verbrennung des Gases sehr stark erhitzt. Man schaltet die Zuleitung des Generatorgases aus und leitet Wasserdampf und flüchtige Kohlenwasserstoffe über den glühenden Kalk. Es bildet sich ein Gemisch von Wasserstoff, Methan und Kohlensäure. Das Gemisch geht über kalten gebrannten Kalk, welcher die Kohlensäure bindet. F. Hembert und Henry²⁾ wollen dagegen Wasserstoff aus Wassergas gewinnen. Ueberhitzter Wasserdampf wird in feinen Strahlen über rothglühende in Retorten befindliche Kohle geleitet. Es entsteht ein Gemisch aus gleichen Raumtheilen Kohlenoxyd und Wasserstoff. Dasselbe läßt man

1) Chem. Ind. 7. 1884. S. 357.

2) Comptes rendus 101. 1886. p. 797.

durch eine zweite Retorte gehen, welche mit feuerfestem Material gefüllt und rothglühend ist. Das Gasgemisch trifft hier mit bis auf den Dissociationspunkt überhitztem Wasserdampf zusammen. Es findet die folgende Reaction statt: $H_2 + CO + H_2O = 2H_2 + CO_2$; d. h. auf 1 Volumen Kohlensäure 4 Volumina Wasserstoff. Die Kohlensäure könnte man auch aus dem Gemische heraus absorbiren (z. B. durch Kalk). 1 cbm von dem so erhaltenen Gase soll 1.125 Pfg. kosten.

Phosphor.

Das Atomgewicht des Phosphors hat J. D. van der Plaats nach drei verschiedenen Methoden bestimmt.¹⁾ Die erste Methode beruht auf der Fällung von Silberulfat mit Phosphor nach der Gleichung: $5Ag_2SO_4 + 5H_2O + 2P = 5H_2SO_4 + P_2O_5 + 10 Ag$. Das Silber wurde gewogen und von ihm aus auf P umgerechnet. Zweitens wurde das Atomgewicht des Phosphors aus der Analyse des Silberphosphats Ag_3PO_4 abgeleitet, welcher Methode indessen der Verfasser kein großes Zutrauen entgegenbringt. Die dritte Methode war die der Oxydation von Phosphor bei vermindertem Drucke durch Sauerstoff. Dieses Verfahren hält v. d. Plaats für das richtigste. Die gefundenen Zahlen sind:

	Für O = 16	Durchschnitt	Durchschnitt für O = 15.96
Methode 1.	30.90 u. 30.97	30.935	30.858
Methode 2.	31.08 u. 30.95	31.015	30.937
Methode 3.	30.99 u. 30.96	30.975	30.898

L. Meyer nimmt bekanntlich 30.96 als richtiges Atomgewicht des Phosphors an. — Die Valenz des Phosphors wurde von A. Michaelis und W. La Coste studirt.²⁾ Dieselben knüpfen an die Constitution des Phosphorpentachlorids an, welches man entweder als P^VCl_5 oder als moleculare Verbindung $P^{III}Cl_3, Cl_2$ auffassen muß. Als Mittel, die Constitution dieser Verbindung festzustellen, empfiehlt sich ein eingehendes Studium des Phosphororychlorids $POCl_3$, welches entweder $O = P^V \equiv Cl_3$ oder $P^{III} \equiv Cl_2(OCl)^I$ ist. Nun kennt man Phosphororychloridderivate, in denen z. B. das Chlor durch die

1) Comptes rendus 100. 1885. p. 53.

2) Berliner Ber. 18. 1885. S. 2118.

Phenylgruppe vertreten ist. Von der Formel $\text{PO}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ sind aber zwei isomere Körper bekannt, nämlich $\text{PO}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ Triphenylphosphinoxyd und $\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_2(\text{OC}_6\text{H}_5)$ Phenoryldiphenylphosphin. Hieraus folgt, daß man mindestens in einem Falle den Phosphor als fünfwertig annehmen muß. Wer also an der Constanz der Valenz festhält, der muß ihn überhaupt fünfwertig nennen und Verbindungen, wie H_3P , PCl_3 u. s. w., als ungesättigte bezeichnen.

Bei Gelegenheit seiner Versuche über die Bildung von chemischen Verbindungen durch Zusammendrücken der Bestandtheile, also durch bloße Innigkeit der Berührung, machte W. Spring¹⁾ die Beobachtung, daß Schwefel und rother Phosphor sich durch Druck nicht vereinigen lassen. Es knüpfen sich hieran folgende Betrachtungen. Der rothe Phosphor hat ein höheres specifisches Gewicht, als der gelbe; Körper, welche in mehreren allotropischen Modificationen existiren, gehen nun bei genügender Zusammendrückung stets in diejenige Modification über, welche das höchste specifische Gewicht besitzt: mithin bleibt der rothe Phosphor bei der Compression ungeändert. Man muß also die Annahme machen, daß im rothen P die chemische Kraft gehemmt ist, daß in ihm die Atome geringere Beweglichkeit besitzen als im gewöhnlichen Phosphor. Daher kommt es auch, daß die Chemie des rothen Phosphors einfacher ist, als die des gelben. Verallgemeinert man obige Folgerung, so lautet dieselbe: je mehr ein Körper im festen Zustande sich verdichtet, desto mehr werden seine chemischen Functionen beeinträchtigt. — J. Kemsen und E. H. Reiser²⁾ haben eine neue Modification des Phosphors fundirt, den weißen Phosphor. Man destillirt P aus einer mit Wasserstoff gefüllten Retorte durch deren schräg aufwärts gerichteten Hals langsam in eine große Kugelvorrage, welche eiskaltes Wasser enthält. Nach beendeter Operation muß man die Vorrage in ein größeres Gefäß mit Wasser tauchen, damit der weiße Phosphor nicht mit Luft in Berührung kommt. Der weiße Phosphor ist leicht und plastisch. Legt man etwas von ihm auf Filterpapier, so wird das Wasser abgesaugt und der P stößt alsbald dicke weiße

1) Berl. Ber. 16. 1883. S. 1002.

2) Chemical News. 48. 1883. p. 201.

Dämpfe aus und schmilzt, ohne sich zu entzünden. Er löst sich leicht in Schwefelkohlenstoff, hat denselben Schmelzpunkt, wie gewöhnlicher P, und wird beim Schmelzen in letzteren umgewandelt. Gegen Sonnenlicht ist er weniger empfindlich als gelber Phosphor.

Bekannt ist die vom Phosphor so benannte Phosphoreszenz des gelben Phosphors. (Siehe dies. Jahrb. 7. 1871. S. 315). Noch immer ist diese Erscheinung aber nicht in allen Punkten völlig aufgeklärt. Neue Versuche hierüber rühren von J. Corne¹⁾ her. In einem Eudiometer sperrt man über Quecksilber $\frac{1}{3}$ vom Volumen der Röhre an Sauerstoff ab. Sein Druck ist offenbar geringer als der Luftdruck. Hierauf giebt man einige ccm ausgekochtes destillirtes Wasser in die Röhre und hierauf ein Stück Phosphor in den Sauerstoff. Derselbe leuchtet im Dunkeln. Jetzt werden einige Stücke Phosphor nur bis in das Wasser geschoben und hier einige Monate in Ruhe belassen. Bringt man dieselben alsdann in den O, so leuchten sie nicht mehr und entwickeln keinen Rauch. Die Erklärung der Erscheinung wird von Corne darin gesucht, daß er annimmt, nur Phosphordampf besitze die Fähigkeit, bei Berührung mit Sauerstoff unter Oxidation zu leuchten. Der Phosphor entwickelt nun auch unter dem Wasser Dampf, welcher während des monatelangen Stehens bis zur Sättigung des Sauerstoffs in letzteren diffundirt. Wird jetzt der P in den O gebracht, so kann er keinen Dampf mehr entwickeln und also auch nicht leuchten.

Chlorphosphor. — Wie Cary-Montrand nachgewiesen hat, wird phosphorsaurer Kalk durch gemeinschaftliche Einwirkung von Kohlenstoff und Chlor bei Rothgluth unter Bildung von Chlorphosphor zersezt. J. Riban²⁾ zeigt nun, daß ein Gemisch aus Kohle und phosphorsaurem Kalk durch Kohlenoxyd schon unter Rothgluth in Phosphororychlorür (POCl_3), Chlorcalcium und Kohlensäure verwandelt wird. Der Kohlenstoff tritt dabei nicht in chemische Reaction, sondern wirkt nur als Verdichter des Gases: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4) + 6\text{CO} + 12\text{Cl} = 2\text{POCl}_3 + \text{CO}_2 + 3\text{CaCl}_2$. Als Zwischenprodukt mag in einer

1) Chemisches Centralbl. [3] 13. 1882. S. 611.

2) Comptes rendus 95. 1882. p. 1160.

ersten Phase des Processes metaphosphorsaurer Kalk $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$ entstehen. Die beste Reactionstemperatur ist $330-340^\circ$. Das entstehende Drychlorür ist nach nur einmaliger Rectification rein. Läßt man seine Dämpfe durch eine rothglühende mit Holzkohle gefüllte Röhre streichen, so erhält man das Trichlorid: $\text{POCl}_3 + \text{C} = \text{CO} + \text{PCl}_3$. — In einer anderen Weise will E. Der-
vin¹⁾ das Phosphororychlorür gewinnen. In eine Retorte werden 500 g Phosphortrichlorid gebracht und vorsichtig 4 g trocknes gepulvertes chlorsaures Kalium eingetragen. Beim Umschütteln kommt die Flüssigkeit ins Sieden, daher man den Retortenhals mit einem Rückflußkühler versieht. So oft das Sieden nachläßt, trägt man von neuem KClO_3 ein, bis schließlich 160 g davon in die Retorte gelangt sind. Nun entfernt man den Kühler und destillirt im Delbade, zuletzt unter Durchleiten von Kohlensäure, wobei man 540 g Drychlorür erhält. Die Reaction verläuft nach der Gleichung: $\text{KClO}_3 + 3\text{PCl}_3 = 3\text{POCl}_3 + \text{KCl}$.

Fluorphosphor. — Ueber die Verbindungen zwischen Fluor und Phosphor haben insbesondere H. Moissan²⁾ und Berthelot³⁾ Untersuchungen angestellt. Das Phosphor-trifluorid PF_3 ist ein Gas, welches man nach Moissan gewinnt, wenn man Phosphorkupfer auf Bleifluorid in Abwesenheit von Silicium einwirken läßt. Das Gas läßt sich verflüssigen und bleibt bei -10° unter 40 atm Druck eine leicht bewegliche, das Glas nicht angreifende Flüssigkeit. In Luft ist das Gas nicht brennbar; mischt man es aber mit dem halben Volumen Sauerstoff, so entsteht ein explosives Gemenge. Reines PF_3 raucht an der Luft nicht; mit Wasser zersetzt es sich allmählich zu Flußsäure und phosphoriger Säure: $\text{PF}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{HF}$. Von Kali- oder Natronlauge wird das Trifluorid lebhaft absorhirt, wobei phosphorsaures Alkali entsteht. Nach Berzelius glaubte Davy, das Fluor isolirt zu haben, indem er Phosphortrifluorid in Sauerstoff unter Verwendung eines Flußspathgefäßes verbrannte. Es scheint aber

1) Comptes rendus 97. 1883. p. 576.

2) C. r. 99. 1884. p. 655. 874. 970. — 100. 1885. p. 272. 1348. — 101. 1885. p. 1490. — 102. 1886. p. 760.

3) Bull. Soc. Paris 43. 1885. p. 260. — Ann. Chim. Phys. [6] 6. 1885. p. 358.

bei der Verbrennung des PF_3 vielmehr ein gasförmiges Dxyfluorid POF_3 zu entstehen. Läßt man durch sorgfältig gereinigtes Phosphortrifluorid starke Inductionsfunken schlagen, so vermindert sich das Volumen des Gases, Phosphor scheidet sich aus und im Rückstand befindet sich etwas Pentafluorid: $5\text{PF}_3 = \text{P}_2 + 3\text{PF}_5$. Das Phosphorpentafluorid löst sich in Wasser unter Bildung von Phosphor- und Flußsäure. War die Substanz nicht unbedingt trocken, so gelingt übrigens die angeführte Zersetzung des PF_3 nicht; auch bildet sich alsdann etwas SiF_4 , indem das Glas angegriffen wird. Man kann das Trifluorid auch aus dem Trichlorid gewinnen, indem man zu letzterem, welches sich in einem kleinen Kolben befindet, Tropfen für Tropfen Arsentrifluorid AsF_3 hinzu fallen läßt und jede Spur von Feuchtigkeit vermeidet. Das Gas, welches sich hierbei entwickelt, ist PF_3 . Die Verbindungen Phosphortrifluorid und Phosphorpentafluorid werden durch rothglühendes Platin zerlegt. Leitet man sie durch eine rothglühende Platinröhre, welche mit Platinschwamm angefüllt ist, so tritt bei langsamen Strome vollständige Absorption ein — es entsteht Platinphosphid und -fluorid —, während beim Durchleiten eines schnellen Stromes von PF_3 ein an der Luft rauchendes Gas entsteht. Das letztere enthält etwas PF_5 , daher ein Theil des Phosphors vom Platin gebunden worden sein muß, während sich das frei gewordene Fluor zum PF_3 addirt hat. Ein Theil des Fluors scheint aber auch frei geblieben zu sein, wie die Einwirkung jenes an der Luft rauchenden Gases auf Quecksilber, Glas und Jodkalium anzudeuten scheint. — Wird Phosphortrifluorid von verdünnter Kalilauge absorhirt, so entsteht nach Berthelot nicht einfach Fluorid und Phosphit des Kaliums, sondern es bildet sich eine Fluorphosphorige Säure von der Formel PF_3HF . Zu diesem Schlusse führt die calorimetrische Untersuchung des Processes der Absorption von PF_3 durch KOH . Dieselbe spielt sich also nicht, wie Moissan meint, nach der Gleichung $\text{PF}_3 + 5\text{KOH} = 3\text{KF} + \text{K}_2\text{HPO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ ab, sondern wahrscheinlich nach der Gleichung $2\text{PF}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{PF}_3, \text{HF} + 2\text{HF}$ oder $5\text{PF}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{PF}_3, \text{HF} + 11\text{HF} + 4\text{H}_3\text{PO}_3$. Auch wäre möglich, daß statt der Säure PF_3, HF ein Phosphoroxyfluorid von der Zusammensetzung POF sich bildete. Jedenfalls ist das entstehende

Produkt sehr beständig. Endlich hat Moissan noch eine Verbindung von PF_3 mit Br erhalten, das Phosphorbromfluorid. Läßt man Phosphortrifluorid bei -10° der Einwirkung von Brom ausgesetzt, so entsteht dieser Körper von der Zusammensetzung PBr_2F_3 . Es ist eine Flüssigkeit, die sich bei 15° nach der Gleichung $5\text{PF}_3\text{Br}_2 = 3\text{PF}_5 + 2\text{PBr}_5$ zersetzt. Man erhält hierbei also als Zerzeugungsprodukt das Phosphorpentafluorid, und zwar reiner als nach der vom Entdecker des Körpers, Thorpe, angegebenen Methode (Einwirkung von Arsentrifluorid auf Phosphorpentachlorid). Das Pentafluorid ist ein nicht brennbares, an der Luft stark rauchendes, stechend riechendes Gas, welches von Wasser aufgenommen wird. Seine Dichte ist 4.48 bis 4.5 (statt berechnet 4.4043). Bei 16° und 46 atm Druck fängt es an, sich zu verflüssigen, bei 125 atm Druck ist es flüssig. Wird der Druck schnell vermindert, so wird das verflüssigte Gas vorübergehend fest.

Phosphorigsäureanhydrid.¹⁾ — Stellt man völlig wasserfreies Phosphortrioxyd (P_2O_3) her und bewahrt es im zugeschmolzenen Rohre unter Lichtabschluß auf, so bleibt es nach A. Irving lange Zeit unverändert. Wird die Röhre aber nur wenige Tage dem Sonnenlichte ausgesetzt, so geht die weiße Farbe des Phosphorigsäureanhydrids in die rothbraune des rothen Phosphors über. Während ferner P_2O_3 , welches nicht im Lichte gelogen hat, an der Luft sich entzündet, thut dies das rothbraun gewordene Trioxyd nicht mehr. Auch zeigt sich, daß in der Röhre, in welcher P_2O_3 der Sonne ausgesetzt war, Phosphorsäure nachzuweisen ist. Die Zerlegung von P_2O_3 im Sonnenlichte spielt sich also wahrscheinlich nach folgender Gleichung ab: $5\text{P}_2\text{O}_3 = 2\text{P}_2 + 3\text{P}_2\text{O}_5$. Der gebildete amorphe Phosphor zeigt eine gewisse Neigung, durch langsame Sublimation in den krystallinischen Zustand überzugehen. Man kann durch die Zerlegung des P_2O_3 im Sonnenlichte kleine Mengen von sehr reinem rothen Phosphor gewinnen. Nach R. Cowper und B. B. Lewis wäre allerdings Irving mit seiner Behauptung der Zersezlichkeit von Phosphortrioxyd im Sonnenlichte im Irrthum. Er hatte das P_2O_3 dargestellt durch Ueberleiten eines Luftstromes über geschmolzenen Phosphor. Das hierbei erhal-

1) Chemical News. 48. 1883. p. 173. 224.

tene Product enthält aber bloß 4.7 Proc. P_2O_3 , dagegen 78.2 Proc. P_2O_5 und 17 Proc. P. Der letztere ist es, welcher im Sonnenlichte rothbraun wird, während das Phosphorsäureanhydrid auch schon vorgebildet vorhanden war. Nach J. M. Cabell¹⁾ erhält man ein krystallisirtes Phosphorsäureanhydrid, wenn man P bei beschränktem Luftzutritt verbrennt und die erhaltenen Flocken im Strome von chemisch reinem H erhitzt. Bei $212^{\circ}C$. setzen sich hinter der erhitzten Stelle Krystalle ab, wahrscheinlich monokline, die als P_2O_3 angesehen werden mußten. Nach Reiniger existirt P_2O_3 , ist aber kein Säureanhydrid.

Phosphorsäure. — Nach P. Hautefeuille und A. Berrey²⁾ giebt es drei verschiedene Modificationen des Phosphorsäureanhydrids, eine krystallisirte und zwei amorphe, von welcher letzteren die eine pulverig, die andere glasartig ist. Das in gewöhnlicher Weise hergestellte Phosphorpentoxyd besteht aus der krystallinischen und der pulverigen Modification im Gemisch. Beim Verbrennen von Phosphor im Luftstrome in einer Glasröhre sieht man an den kalten Theilen der Röhre krystallisirtes, in der Gegend, wo die Verbrennung stattgefunden hat, pulveriges und endlich in der Zone der Rothgluth glasiges Phosphorsäureanhydrid. Die Reindarstellung der drei Modificationen ist auf folgende Weise möglich. Wird das Verbrennungsprodukt des Phosphors destillirt, so erhält man krystallinisches P_2O_5 in durchsichtigen, farblosen, stark lichtbrechenden klinorhombischen Krystallen. Diese Krystalle sind leicht löslich. Erhitzt man sie auf 440° (im Schwefeldampfbad), so tritt Polymerisation des Phosphorpentoxyds ein und man erhält die pulverige Modification, welche weniger flüchtig als die erste ist und mit Wasser durchscheinende gallertartige Klümpchen von ziemlicher Beständigkeit giebt. Bei der Sublimation geht sie in die krystallisirte Modification über. Das glasartige Phosphorsäureanhydrid erhält man, wenn man eine der beiden anderen Modificationen bis zur beginnenden Rothgluth unter starkem Dampfdrucke erhitzt. Es entsteht ein durchsichtiges Glas, welches beim Erkalten zerspringt,

1) Chemik. Ztg. 9. 1885. S. 25.

2) Comptes rendus 99. 1884. p. 33.

sich langsam verflüchtigt und sehr langsam in Wasser löst. Bei der Sublimation bildet sich das krystallisirte Pentoxyd, welches also die stabile Modification zu sein scheint.

Verschiedene Darstellungsweisen der Phosphorsäure haben A. Sommer, G. A. Ziegeler, A. Joly und E. Dreyfus angegeben.¹⁾ A. Sommer unterzieht zunächst die schon bekannten Methoden einer Kritik. Die Verbrennung des Phosphors an der Luft liefert, abgesehen von ihrer Gefährlichkeit, keine einheitlichen Oxydationsprodukte. Die Oxydation mit starker Salpetersäure bei niedriger Temperatur kann nur mit rothem Phosphor vorgenommen werden und ist dann zu theuer. Die Oxydation des Phosphors mit verdünnter Salpetersäure hat außerdem den Nachtheil, daß ein Ueberschuß von Salpetersäure unvermeidlich und die Abscheidung des Arsens hierdurch erschwert ist. Die Darstellung der Phosphorsäure durch Oxydation von P mit Brom bei Gegenwart von Wasser ist kostspielig und gefährlich und liefert auch mehr Bromwasserstoff als Phosphorsäure. Dasselbe gilt von der Anwendung von Jod und Wasser. Mit Brom und verdünnter Salpetersäure zu oxydiren empfiehlt sich nicht, weil die Reaction bei zu starker Verdünnung der Salpetersäure aufhört und man nicht erwärmen darf. Mehr empfiehlt sich, statt des Broms in diesem Falle Jod zu benutzen, da man alsdann erwärmen kann. Ebenso soll die Benutzung von verdünnter Salpetersäure, Brom und gleichzeitig Jod gute Resultate liefern. In allen letztgenannten Fällen kann das Arsen erst nach Beseitigung des Ueberschusses vom Oxydationsmittel entfernt werden, was ein Uebelstand ist. Nach alledem glaubt Sommer die folgende neue Methode in Vorschlag bringen zu sollen. Eine größere Glasflasche ohne Boden wird mit dem Halse nach unten befestigt. Durch den Stopfen des Halses geht ein Trichter, der mit kleinen Phosphorstücken gefüllt ist und ungefähr bis zur halben Höhe der Glasflasche ragt. Um den Trichter wird ein poröser beiderseitig offener Thoncyliner (z. B. ein Blumentopf ohne Boden) eingestellt und bis nahe an den Trichterrand in die umgekehrte Glasflasche Wasser gegossen. Bis

1) Chem. Industrie 8. 1885. S. 387. Chem. Centralbl. [3] 16. 1885. S. 741. Bull. Soc. Paris (N. S.) 42. 1884. p. 219. — 45. 1886. p. 329. Dingl. p. J. 255. 1885. S. 35.

an die Stelle, wo der Trichterhals an den Trichter ansetzt, ragt ein Thermometer. Die Glasflasche wird endlich an Stelle des ausgesprengten Bodens mit einem durchlöcherten Deckel verschlossen. Der Thoncyliner saugt das Wasser auf, wodurch die Luft über dem Phosphor stets feucht bleibt, und allmählich bildet sich eine concentrirte Phosphorsäurelösung, welche aus dem Trichter in ein untergestelltes Gefäß tropft. Nach ungefähr 24 Stunden beobachtet man das Thermometer; zeigt dasselbe über 35° C., so muß für kräftigere Luftcirculation gesorgt werden. Die abgelaufene Phosphorsäure wird in einer Schale auf 190° erhitzt, wobei die phosphorige Säure, die noch vorhanden war, sich unter Entwicklung von Phosphorwasserstoff oxydirt und aus der arsenigen Säure Arsen ausscheidet: $4\text{H}_3\text{PO}_3 = 3\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{PH}_3$; $3\text{H}_3\text{PO}_3 + 2\text{H}_3\text{AsO}_3 = 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{As}_2$. Durch Filtration erhält man eine reine arsenfreie Säure. — G. A. Ziegeler will Phosphor mit Jod zusammenschmelzen und den gebildeten Jodphosphor mit Salpetersäure oxydiren. Auf 100 g P sollen 0.3 bis 0.6 g J und zur Oxydation 650 g Salpetersäure von 1.335 spec. Gewicht angewendet werden. — A. Joly bemerkt zunächst, daß im Handel gewöhnlich zwei Sorten von Phosphorsäure vorkommen: ein Syrup und eine krystallisirte Phosphorsäure. Die syrupdicke Phosphorsäure enthält Schwefelsäure, Alkalisalze, Salze der alkalischen Erden und Thonerde, Silicate und Arsenverbindungen. Sie wird in der Regel aus Kalkphosphat dargestellt. Die krystallisirte Säure ist Metaphosphorsäure oder Ortophosphorsäure oder ein Gemisch aus Beiden. Sie ist sehr zerfließlich und greift das Glas an. Auch das sog. Anhydrid des Handels oder die glasige Phosphorsäure sind ziemlich unrein und ungleichmäßig zusammengesetzt. Daher ist folgende Methode zur Herstellung einer reinen Phosphorsäure nach Joly zu empfehlen. Man geht vom käuflichen Ammoniumphosphat $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ aus und reinigt dasselbe. Ist es arsenfrei, so löst man es in kochendem Wasser und säuert die Lösung ganz schwach mit Salzsäure an; beim Erkalten krystallisirt obiges Salz aus, da es in kaltem Wasser wenig löslich ist, und wird noch mehrfach umkrystallisirt. War das Salz arsenhaltig, so wird seine Lösung stark salzsauer gemacht und Schwefelwasserstoff eingeleitet, das Filtrat vom Schwefelarsen alsdann bis zur Krystallisation concentrirt und

im Uebrigen wie oben verfahren. Das gereinigte Salz wird alsdann in warmer Salzsäure gelöst. Beim Erkalten scheidet sich Salmiak ab, während die saure Mutterlauge hauptsächlich Salz- und Phosphorsäure enthält: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + 2\text{HCl} = \text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$. Die filtrirte Mutterlauge dampft man ab, wobei man zweimal Salpetersäure hinzufügt, um etwa noch gelöstes Ammonsalz zu zerstören und die Salzsäure zu verjagen. Der Rückstand wird schließlich in eine Platinschale umgegossen und die Abdampfung hierin beendet. Es hinterbleibt eine syrupdicke Flüssigkeit, welche zur Herstellung von HPO_3 oder H_3PO_4 dienen kann.

Ueber die Gewinnung von Phosphaten und Phosphorsäure aus Kalkphosphat berichtet E. Dreyfus. Seit einiger Zeit kommen Superphosphate mit bis zu 45 Proc. assimilirbarer Phosphorsäure in den Handel. Eigentlich sind dies gar keine Superphosphate (Kalkphosphat durch Schwefelsäure aufgeschlossen), sondern es ist phosphorsaurer Kalk durch Phosphorsäure aufgeschlossen worden. Diese Superphosphate enthalten nur 0.5 bis 1 Proc. unlösliche Phosphorsäure. Zu ihrer Herstellung bedarf man hauptsächlich einer billigen genügend concentrirten Phosphorsäure, welche man durch Behandeln natürlicher Phosphate mit Schwefelsäure erhält. Dreyfus geht von einem Phosphate der folgenden Zusammensetzung aus:

Kalkphosphat von Apt (Vaucluse)	
Feuchtigkeit	0.75
Unlösliches.	47.00
Magnesiumcarbonat	1.82
Calciumcarbonat	0.68
Calciumphosphat.	42.00
Kalk	4.15
Eisenoxyd und Thonerde	3.60
	100.00

Wie man sieht, ist das Phosphat verhältnißmäßig arm an Eisenoxyd und Thonerde, was sehr wesentlich ist, da sonst die Preßrückstände schleimig werden und sich nicht auspressen lassen. Das zerkleinerte Phosphat kommt in einen etwa 400 Lit. fassenden mit Bleiblech ausgekleideten Holzbottich. Man giebt 14 grädige Schwefelsäure zu und vermischt. Die breiartige Masse wird

in einen zweiten tiefer stehenden Bottich abgelassen und mit einem Rührwerk verarbeitet. Eine Pumpe mit Kautschukventilen hebt die Flüssigkeit auf die Filterpresse, wo der Gyps von der Phosphorsäurelösung getrennt wird. Richtige Construction der Pumpe und Presse sind von besonderer Wichtigkeit. Die von der Filterpresse ablaufende Flüssigkeit wird in einer Blei- pfanne mit Oberfeuerung concentrirt. Sie wird hier aus einer 15 grädigen in eine 45 bis 50 grädige Säure umgewandelt. 8000 kg der verdünnten Säure werden auf der Pfanne in 24 Stunden in die concentrirtere verwandelt. Man vermischt die concentrirte Säure mit gepulvertem Kalkphosphat und erhält so jenes an löslicher Phosphorsäure reiche Superphosphat. In seltenen Fällen dient die Phosphorsäure auch zur Herstellung von gefällttem Phosphat. Die Preßrückstände von der Phosphorsäuregewinnung werden getrocknet und gepulvert und kommen als Phosphatgyps in den Handel; sie bestehen hauptsächlich aus Gyps und enthalten ferner 40 Proc. Wasser, 2 bis 3 Proc. Phosphorsäure, dann Eisenoxyd, Thonerde und Gangart des natürlichen Phosphats. Der Preis des Phosphatgypses schwankt zwischen 80 und 160 Pfg. für 100 kg.

Neuerdings werden Phosphate und Phosphorsäure aus phosphorhaltigen Schlacken vielfach dargestellt (s. dies. Jahrb. 7. 1871. S. 318. 320). Ein solches Verfahren (patentirt) ist z. B. das von A. A d a i r und W. T h o m l i n s o n. Die phosphorhaltigen Mineralien oder Schlacken werden (ev. nach dem Rösten) fein gepulvert und dann je nach ihrer Abstammung verschieden behandelt. Buddelschlacken, eisenphosphathaltige Mineralien u. s. w. behandelt man mit starker Natronlauge, indem man das Pulver mit der Lauge mischt und das Gemisch in eisernen Pfannen rasch erhitzt. Das verdampfende Wasser muß durch Nachgießen ersetzt werden. Die Lösung wird vom Rückstand abgegossen und filtrirt, der Rückstand wird ausgewaschen. Die Lösung wird durch Eintreiben von Luft oder Kohlensäure von Kieselsäure, Thonerde, Eisen- und Manganoxyden u. s. w. befreit. Die klar überstehende Flüssigkeit wird decantirt und dann mit Kalk aus ihr die Phosphorsäure unlöslich abgeschieden. Schlacken vom basischen Entphosphorungsverfahren, kalkphosphathaltige Eisenerze u. s. w. werden wie oben behandelt, aber unter Benutzung von Alkalicarbonat-

Lösung statt der Laugen und unter Erwärmen. Wenn man in geschlossenen Kesseln arbeiten will, kann man auch Ammoniak oder Ammoniumcarbonat benutzen. Sind in beiden Fällen die Rückstände eisenreich, so bildet man aus ihnen durch Zusatz von Kalk und Thon, durch Formen und Baden geeignete Klumpen und bedient sich derselben als Zuschlag zur Eisenerzeugung.

Ueber ein Phosphorsäurehydrat macht A. Solv¹⁾ Mittheilung. Wenn man eine concentrirte Phosphorsäurelösung zur Krystallisation bringt, so scheiden sich Krystalle aus, die bei 41.75° schmelzen und im Wasser sich unter Erwärmung lösen. Dieselben gehören der Orthophosphorsäure ($P_2O_5, 3H_2O = 2H_3PO_4$) an. Die Mutterlauge dieser Krystalle erstarrt oft, namentlich im Winter, von selbst vollständig, die erstarrte Masse wird über 30° wieder flüssig. Man kann aber auch Krystalle aus der Mutterlauge gewinnen, welche schon über 30° schmelzen und im Wasser sich unter Abkühlung lösen. Ihre Zusammensetzung entspricht der Formel $P_2O_5, 4H_2O = 2H_3PO_4 + H_2O$. Die Phosphorsäure des Handels ist oft ein Gemisch von Orthophosphorsäure mit dem letztgenannten Hydrat.

Unterphosphorsäure. — Diese von Th. Salzer entdeckte Säure besitzt die Formel $P_2O_4, 2H_2O = H_4P_2O_6$ und kann nach J. Corne²⁾ wie folgt erhalten werden. Ein Ballon von 3 Lit. Inhalt wird mit einem durchbohrten Kork verschlossen, in welchem eine rechtwinklig gebogene Glasröhre steckt. Der Ballon wird zur Hälfte mit einer Lösung von Kupferniträt gefüllt, worauf man 30—40 g Phosphor einträgt, den Ballon verschließt und bis an den Hals in Wasser taucht. Das Wasser erhitzt man allmählich zum Sieden. Der Phosphor bedeckt sich mit einer Schicht von Kupfer und Phosphorkupfer, bis er bei 70° anfängt zu schmelzen und zu verbrennen. Dabei wird das Kupferniträt rasch und regelmäßig unter Entwicklung großer Mengen von Untersalpetersäure zersetzt. Von 15 zu 15 Minuten setzt man so lange je 10 g Phosphor zu, bis die blaue Kupfernitratlösung völlig entfärbt ist. Man filtrirt und hat im Filtrat eine Lösung von Phosphorsäure, Unterphosphorsäure, phosphoriger Säure und Ammoniak. Man sättigt zur Hälfte

1) Comptes rendus 100. 1885. p. 447.

2) Chem. Centralbl. [3] 13. 1882. S. 611.

mit Soda, worauf sich unreines saures unterphosphor- saures Natrium ausscheidet. Dieses reinigt man durch mehr- faches Umkrystallisiren und gewinnt so ein reines, zur Darstel- lung anderer Hypophosphate geeignetes Material. J. Philipp¹⁾ giebt eine andere einfachere Darstellungsmethode an. 6 g Sil- bernitrat werden in 100 cem Salpetersäure von 1.2 spec. Gew. und 100 cem Wasser gelöst. Die Lösung wird im Wasserbade stark erwärmt, worauf man 8—9 g Phosphor einträgt. Es tritt heftige Oxydation des Phosphors unter stürmischer Gas- entwicklung ein, wobei der P sich löst. Während des Erkal- tens scheidet sich ein Theil des unterphosphorsauren Sil- bers, welches sich gebildet hat, in Krystallen aus. Man fil- trirt und löst die Krystalle von den Phosphorresten mit warmer Salpetersäure weg, worauf man die Lösung von neuem krystalli- siren läßt. Das gebildete Salz hat die Zusammensetzung $\text{Ag}_4\text{P}_2\text{O}_6$ oder Ag_2PO_3 . Es zerfällt sich in der Hitze nach der Gleichung $\text{Ag}_4\text{P}_2\text{O}_6 = \text{Ag}_2 + 2\text{AgPO}_3$. Das Filtrat von der ersten Krystallisation wird mit Ammoniak neutralisirt, wobei sich abermals Silberhypophosphat, allerdings verunrei- nigt mit sehr geringen Mengen von Silberphosphit, ausschei- det. Diese Operation wird durch Zusatz von AgNO_3 , Ansäuern und Neutralisiren mehrfach wiederholt, bis die Ausscheidung anfängt, Beträge von Phosphat zu enthalten. Man darf übri- gens die Einwirkung der Salpetersäure auf den P nicht zu lange andauern lassen, sondern muß, wenn sie minder lebhaft ist, un- terbrechen und noch einen Ueberschuß von Phosphor zugeben, damit die freie Salpetersäure nicht auf die gebildete Unterphos- phorsäure einwirkt.

A. Solty²⁾ macht folgende weitere Angaben. Durch lang- same Oxydation von feuchtem Phosphor erhält man eine Lö- sung von Unterphosphorsäure neben anderen Säuren des Phos- phors. Man neutralisirt diese Lösung mit trockner Soda und concentrirt auf $\frac{2}{3}$ des ursprünglichen Volumens. Nach dem Erkalten krystallisirt unterphosphorsaures Natrium aus. $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O}$, das zweifach saure Salz, reagirt in

1) Berliner Bericht 16. 1883. S. 749.

2) Comptes rendus 101. 1886. p. 1058. 1148. — 102. 1886. p. 110. 259. 760.

Lösung sauer gegen Lackmus und neutral gegen Orange 3. Das neutrale Salz $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_6 + 9\text{H}_2\text{O}$ färbt denselben Farbstoff fahl violett. Wird eine kalte Lösung des zuerst genannten Salzes mit der äquivalenten Menge Chlorbarium versetzt, so scheidet sich das gallertartige unterphosphorsaure Barium $\text{Ba}_2\text{P}_2\text{O}_6$ aus. Die Mutterlauge des Salzes nimmt dabei saure Reaction an. Diese verschwindet jedoch nach einiger Zeit, während sich der Niederschlag in Krystalle von $\text{BaH}_2\text{P}_2\text{O}_6$ verwandelt. Dieses saure Bariumhypophosphat ist in Wasser schwer löslich. Will man dasselbe aus der Lösung von $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6$ direct abscheiden, so setzt man eine einem Viertel der Acidität entsprechende Menge von Bariumcarbonat zu und kocht auf. Beim Erkalten krystallisirt $\text{BaH}_2\text{P}_2\text{O}_6$ aus. Man filtrirt, wäscht die Krystalle und krystallisirt sie aus sehr verdünnter Salpetersäure um. Aus diesem Salze kann man durch Zersetzen mit H_2SO_4 unter Vermeidung jeder Temperaturerhöhung die Unterphosphorsäure frei machen. Ihre Lösung scheidet beim Concentriren im trocknen luftleeren Raume zerfließliche rechteckige Tafeln des Hydrats $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$ aus. Dieses Hydrat ist in Wasser leicht löslich. Die Lösung giebt, auch beim Kochen, mit Silbernitrat einen weißen Niederschlag, der sich in verdünnter warmer Salpetersäure auflöst. Die Krystalle des Hydrats $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$ geben im Vacuum Wasser ab, zerfließen theilweise und verwandeln sich in kleine Kryställchen, die nach dem Absaugen genau der Zusammensetzung der Unterphosphorsäure $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ entsprechen. Diese Säure schmilzt bei 70°C . zu einer farblosen durchsichtigen Flüssigkeit und erstarrt beim Abkühlen, wenn man sie mit einer Spur der festen Substanz berührt, zu einer festen krystallinischen Masse. Mit Silbernitrat giebt auch die normale Säure einen weißen Niederschlag, der sich beim Erhitzen nicht schwärzt. Die trocknen Unterphosphorsäurekrystalle sind völlig beständig; mit Wasser spalten sie sich aber in phosphorige und Phosphorsäure. Das Hydrat $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$ schmilzt bei 62 bis 62.5° , und das überschmolzene Hydrat scheidet beim Abkühlen kleine schneeartige Kryställchen, wahrscheinlich von $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$, aus. Die Zersetzung, welche geschmolzene Unterphosphorsäure durch Wasser erleidet, läßt sich wie folgt formuliren: $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 = \text{HPO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_3$. Die Metaphosphorsäure geht natürlich mit dem Wasser in

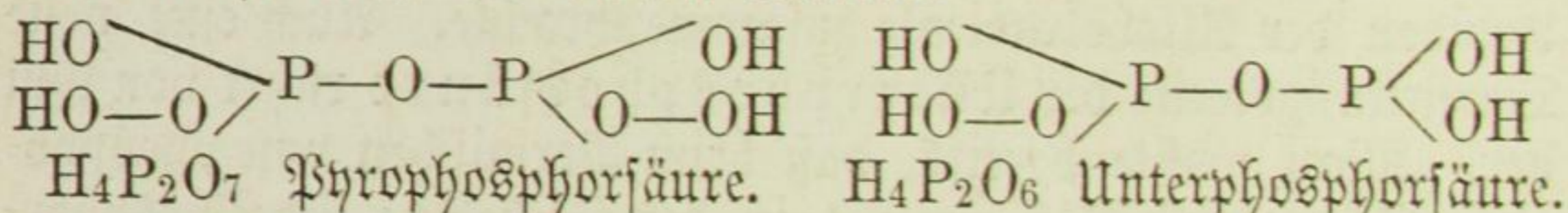
Orthophosphorsäure über. Erhitzt man die Unterphosphorsäure bis 120° , so tritt Trübung unter Entwicklung von selbstentzündlichem Phosphorwasserstoff und Bildung eines orange gelben Niederschlags ein, welcher die ganze Masse erfüllt und aus festem Phosphorwasserstoff besteht.

A. S ä n g e r ¹⁾ hat verschiedene Ester der Unterphosphorsäure erhalten, indem er unterphosphorsaures Silber mit den Jodiden der Alkoholradicale zusammenbrachte. Auch eine neue Darstellungsweise der Unterphosphorsäure rührt von ihm her. Man wußte bereits, daß beim Vermischen von phosphoriger Säure und Silbernitrat in der Siedehitze sich Phosphorsäure und Silber bilden. Die Einwirkung der genannten Körper in der Kälte auf einander war noch nicht studirt. S ä n g e r fand nun, daß hierbei die phosphorige zu Unterphosphorsäure oxydirt wird, und zwar entstand umsomehr Unterphosphorsäure, je weniger Silber reducirt wurde, daher die ganze Reaction so zu leiten war, daß nur Silberoxydul sich bildete. Die Reaction verläuft nach den Gleichungen: $4\text{AgNO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 = \text{Ag}_4\text{O} + 4\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$; $4\text{AgNO}_3 + \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 + 4\text{NH}_3 = 4\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Ag}_4\text{P}_2\text{O}_6$. Freilich gelangt sehr schnell auch das Silberoxydul zur Geltung, indem es Unterphosphorsäure zu Orthophosphorsäure oxydirt und Silber ausscheidet, insbesondere wenn Licht und Wärme einwirken können. Ferner hat S ä n g e r ein neues Hydrat der Unterphosphorsäure gefunden. Wird nämlich eine Lösung von Unterphosphorsäure erst bei 40° und dann über Schwefelsäure im luftleeren Raume concentrirt, so scheiden sich weiße würfelförmige Krystalle aus, welche die Zusammensetzung $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O}$ besitzen, bei 79.5° zu schmelzen beginnen und bei 81.5° flüssig sind. Das Hydrat $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O}$ zersetzt sich unter Umständen nach der Gleichung $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4$. Nach Th. Salzer ²⁾ bildet sich dagegen bei der Zersetzung von Unterphosphorsäure phosphorige und Pyrophosphorsäure. Von letzterer hat er deutliche Krystalle des Natriumsalzes beobachtet. Es wäre also höchstens möglich, daß die Zersetzung nach S ä n g e r nebenher liefere. Salzer

1) Lieb. Annalen 232. 1886. S. 1.

2) Dies. 232. 1886. S. 114. 271.

hat fernerhin nachgewiesen, daß neutrales unterphosphorsaures Natron durch Brom schon bei gewöhnlicher Temperatur in saures Natriumphosphat verwandelt wird: $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_6 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 + 2\text{NaBr}$. Auch hieraus geht eine gewisse Beziehung der Unterphosphorsäure zur Pyrophosphorsäure hervor. Wahrscheinlich sind also die folgenden die richtigen Structurformeln der beiden Säuren:



Salzer beschreibt noch einige Hypophosphate. Das unterphosphorsaure Magnesium $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_6 + 12\text{H}_2\text{O}$ erhält man durch Fällen von schwefelsaurem Magnesium mit Natriumhypophosphat; das saure Salz $\text{MgH}_2\text{P}_2\text{O}_6 + 4\text{H}_2\text{O}$ in gleicher Weise bei Innehaltung anderer Gewichtsverhältnisse. Wird die Fällung bei Gegenwart von Salmiak vorgenommen, so entstehen die Salze $\text{Mg}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O}$ oder $\text{Mg}_3(\text{NH}_4)_2(\text{P}_2\text{O}_6)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$. Wird frisch gefällter neutraler unterphosphorsaurer Kalk mit Unterphosphorsäure im richtigen Verhältnisse im Exsiccator abgedunstet, so entsteht das saure Calciumhypophosphat $\text{CaH}_2\text{P}_2\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O}$, welches leicht verwittert, aber erst bei 150° völlig wasserfrei ist. Das unterphosphorsaure Silber endlich, $\text{Ag}_4\text{P}_2\text{O}_6$, ist in Wasser unlöslich, in Salpetersäure ziemlich schwer löslich und gegen Wärme und Licht sehr beständig. Ein saures Silberhypophosphat ist durch Lösen des neutralen in Unterphosphorsäure nicht zu erhalten.

Phosphorsulfide. — Das Phosphorsesquisulfid P_4S_3 stellt man nach F. Sambert¹⁾ aus gewöhnlichem Phosphor dar, indem man 313 g Phosphor mit 24 g grob gepulvertem Schwefel in einer mit Kohlensäure gefüllten Retorte schmilzt, hierauf 110 g luftfreien feinen Sand hinzufügt und das Ganze durch Schütteln mischt. Es wird nunmehr ziemlich stark erhitzt und bei 380° im Kohlensäurestrom das Sulfid abdestillirt. Dasselbe ist ein gelber krystallinischer Körper, der in der Wärme zu einer fast farblosen Flüssigkeit schmilzt, an der Luft sich kaum verändert, sich bei 100° entzündet und alsdann langsam verbrennt. Von Salpetersäure und Königswasser

1) Comptes rendus 96. 1883. p. 1499.

wird P_4S_3 auch in der Wärme nicht zu heftig oxydirt und Chlor wirkt bei Gegenwart von Wasser in der Weise ein, daß Phosphor und Schwefelsäure entstehen. Die Dichte beträgt 2.00 bei 11° , der Schmelzpunkt 167° und der Siedepunkt 380° . — Ueber das Verhalten des Schwefels zum Phosphor berichtet F. Jambert und G. Lemoine.¹⁾ Werden Schwefel und Phosphor unter Petroleum zusammengebracht oder unter 100° verschmolzen, so entstehen schwach gelbliche Flüssigkeiten, welche beim Erwärmen mit Soda, Schwefelzink oder Schwefelmangan unter Explosion eine rothe Substanz geben. Man nahm an, daß die Flüssigkeit wie der rothe Körper Sulfide seien. Dies ist indessen nicht der Fall. Unter 100° löst der Phosphor zwar Schwefel auf, aber erst bei 130° bindet er denselben. Wird diese Verbindung mit einem Ueberschusse von Phosphor oder auch Phosphorsequisulfid mit Phosphor erhitzt, so entsteht das zinnoberrothe sogenannte feste Sulfid, welches sich aber bei der Analyse als nichts anderes, denn als ein Gemenge von rothem Phosphor mit wenig P_4S_3 erweist. Auf eine Phosphorstange braucht man nur bei gewöhnlicher Temperatur etwas P_4S_3 zu streuen und es beginnt eine allmähliche Verflüssigung des Phosphors. Die entstehende Flüssigkeit giebt beim Destilliren eine geringe Menge Destillat; dann erstarrt sie plötzlich zu jenem rothen sogenannten Sulfid. Es löst also Phosphor das Sesquisulfid auf und letzteres veranlaßt ersteren, in die amorphe Modification überzugehen. Hiernach existiren die von Berzelius und von Dupré angenommenen Sulfide P_2S und P_4S nicht; sie sind vielmehr im flüssigen Zustande Lösungen von S oder P_4S_3 in Phosphor, im festen Gemische aus rothem Phosphor und P_4S_3 . Bereits früher hat H. Schulze²⁾ die gleichen Beobachtungen gemacht und weiter noch darauf hingewiesen, daß die sogenannten niedrigeren Phosphorsulfide nicht einheitlich erstarren, daß vielmehr P_4S Phosphor und P_2S Schwefel ausscheidet. E. Dervin³⁾ hat einige höhere Sulfide des Phosphors dargestellt. Werden 2 Thl. Schwefel und 1 Thl. Phosphorsequisulfid in Schwefelkohlenstoff gelöst und in dieser Lö-

1) Comptes rendus 96. 1883. p. 1628. 1630. 1771.

2) Berl. Ber. 16. 1883. S. 2066.

3) Bull. Soc. Paris (N. S.) 41. 1884. p. 433.

fung der Wirkung des Lichtes ausgesetzt, so scheidet sich ein krystallinischer Absatz aus, der nach längerem Stehen schöne Nadeln zeigt. Dieselben rühren von dem Sulfide P_2S_4 her. Wird die oben genannte Schwefel-Phosphormischung in zugeschmolzenem Rohre erhitzt, so erhält man neben Nadeln von P_2S_4 auch eine krystallinische kuglich aggregirte Masse von P_4S_3 , $2P_2S_4 = P_6S_{11}$. Endlich kann man die Sulfide P_2S_5 und P_2S_3 in guten Krystallen erhalten, wenn man sie aus Schwefelkohlenstoff umkrystallisirt.

Aluminium.

Die Darstellung von Aluminium und seinen Legirungen im elektrischen Schmelzofen ist eine Erfindung von E. H. Cowles und wird von der Cowles Electric Smelting and Aluminium Company auf den Werken der Brush Electric Company in Cleveland (Ohio) ausgeführt. Dem ausführlichen Berichte des Erfinders ¹⁾, E. H. Cowles, entnehmen wird die folgenden Angaben, die wohl geeignet sind, auch in Deutschland beachtet und praktisch geprüft zu werden.

Bereits im Jahre 1878 hat W. Siemens einen elektrischen Ofen construirt und denselben zum Schmelzen von Metallen benutzt. Cowles will in seinem Ofen aber nicht bloß Metall schmelzen, sondern vielmehr dasselbe aus seinem Oxyd reduciren. Da nun die Metalloxyde die Electricität nicht leiten, so muß ihnen ein Leiter beigemischt werden. Als solchen verwendet man Kohle, die gleichzeitig als Reductionsmittel dient. Speciell für Thonerde angewendet, würde also der Cowles-Ofen das Problem lösen, Aluminiumoxyd bei sehr hohen Temperaturen durch Kohlenstoff zu reduciren. In gleicher Weise lassen sich in diesem Ofen Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Silicium u. s. w. aus ihren Oxyden reduciren. Leichter noch als die Darstellung des reinen Aluminiums ist die Erzeugung der Kupferlegirung, der sog. Aluminiumbronze, daher im folgenden hauptsächlich auf die Gewinnung dieser hochwichtigen Legirung Rücksicht genommen ist (siehe dies. Jahrb 21. 1885 S. 357).

Die gesammte Anlage besteht aus zwei großen mit Dampf

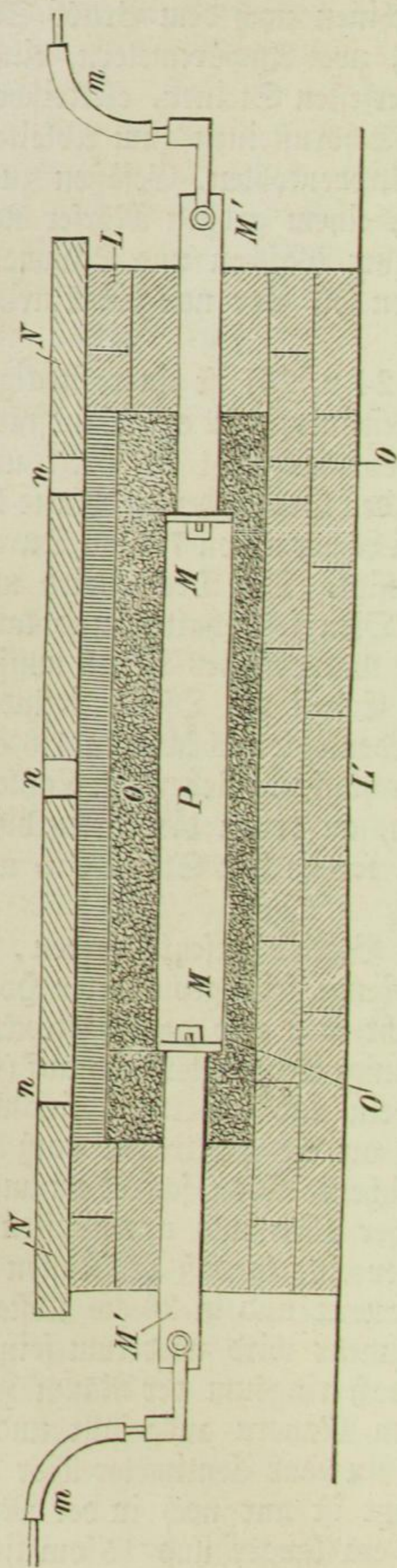
1) Journal of the Franklin Institute 121. 1886. p. 111—122.

betriebenen elektrodynamischen Maschinen nach dem Brush-Systeme, zwei Widerstandseinschaltern, zwei Ampèremetern, einer Trockenpfanne, acht Oefen aus feuerfesten Steinen, elektrischen Leitungen und Stromumschaltern, Schornsteinen zum Ableiten der Dämpfe und Gase, starken Elektrodenkohlen, Gefäßen zum Abmessen und Absieben der Kohle, einem großen Mörser mit Keule und mehreren Waschküßern zum Waschen und Sammeln der Ofenprodukte. Näher beschrieben soll hier nur die Einrichtung der Oefen werden.

Der elektrische Ofen (Fig. 24 u. 25) ist ein rechteckiger länglicher Kasten aus feuerfesten Steinen mit 22 cm Wandstärke (LL'). Der Innenraum ist 152 cm lang, 31 cm breit und 31 cm tief. Er ist verschlossen durch den Deckel oder die Platte N, welche aus Gußeisen besteht und drei Löcher n von 7.6 cm Durchmesser zum Entweichen der Gase besitzt. Der Deckel wird nur durch sein Eigengewicht auf dem Ofen festgehalten und kann daher völlig entfernt werden. Die Mauern des Ofens müssen luftdicht sein und nur an beiden Enden des Ofens befinden sich Oeffnungen, welche die Elektrodenkohlen MM' von 7.6 cm Durchmesser und 76 cm Länge durchlassen. Ueber den Kohlendenden befinden sich kupferne Klappen, an denen die starken biegsamen Drahtkabel m befestigt sind, welche den Strom ein- und ausführen.

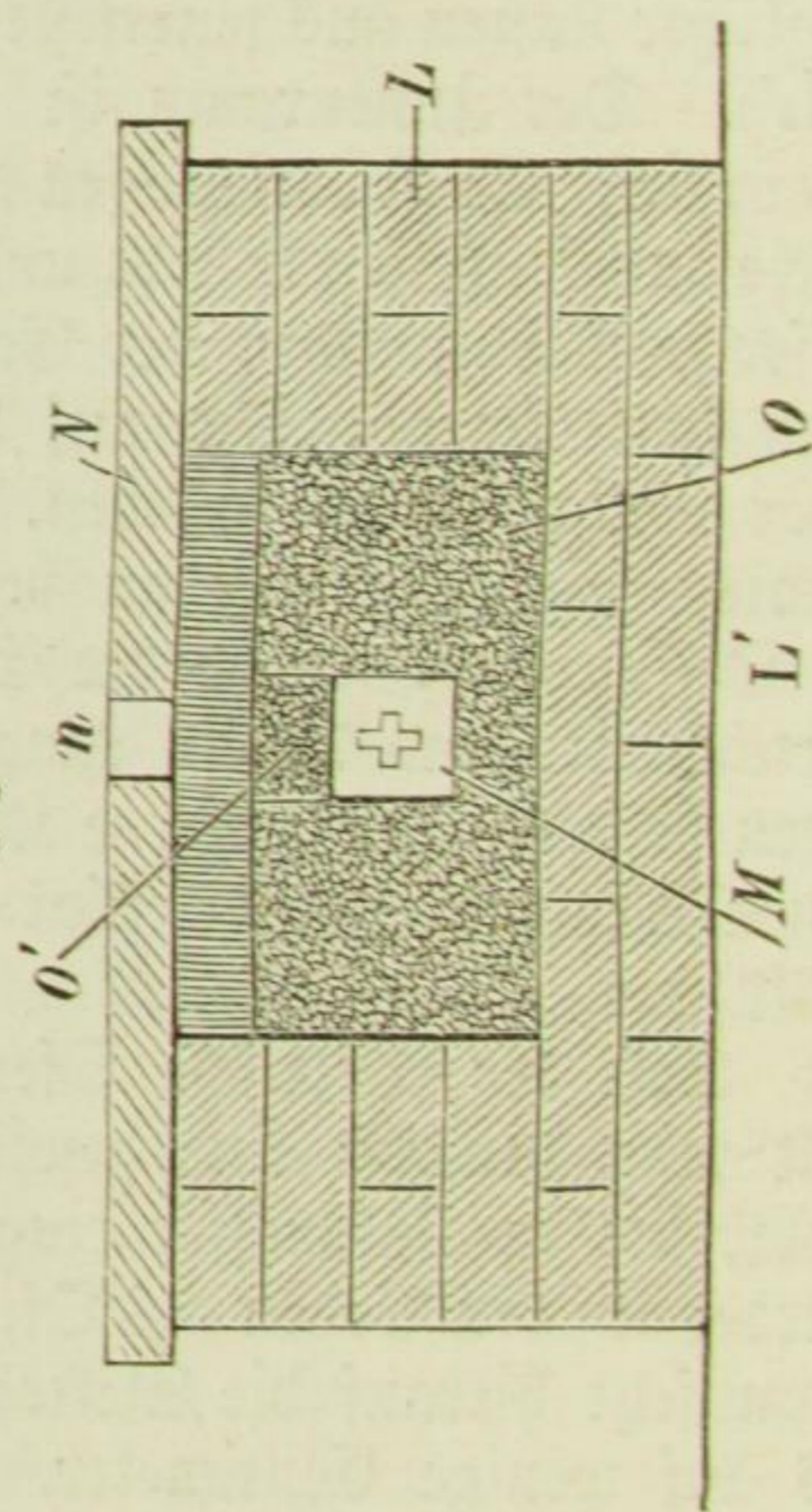
Soll der elektrische Ofen in Betrieb gesetzt werden, so füllt man zunächst eine gewisse Menge fein gepulverter Holzkohle, die in Kaltwasser eingeweicht war und dann getrocknet wurde, auf den Boden des Ofens einige Centimeter hoch auf (O). Man setzt hierauf die Elektroden ein und nähert sie einander bis auf wenige Centimeter. Bis an die Elektroden muß die Lage von gepulverter Holzkohle reichen. Man schiebt nunmehr einen Kasten aus Eisenblech, welcher oben und unten offen ist neben den Elektroden von oben her ein, so daß der Kasten in 7.6 cm Abstand von den Längsmauern und in 30 cm Abstand von den Schmalseiten steht. Nunmehr wird wiederum feingepulverte Holzkohle eingefüllt, so daß ringsum der Raum zwischen dem Eisenblechkasten und den Mauern ausgefüllt und so ein Futter gebildet wird, welches ein paar Centimeter über den Rand des Ofens hervorragt. Jetzt ist nur noch in der Mitte des Ofens ein 23 cm weiter, 91 cm langer und 15 cm tiefer

Fig. 24.



Raum frei, in welchen die Elektroden hineinragen. Soll Aluminiumbronze erzeugt werden, so füllt man nunmehr ein Gemisch aus 7—8 kg geförntem Kupfer, 5—6 kg pulverisirtem Korund (Al_2O_3) und einigen kg grob zerkleinerter Holzkohle in den leer gebliebenen Mittelraum des

Fig. 25.



Ofens, so daß auch die Elektroden davon bedeckt werden (P). Die Schutzwand wird jetzt entfernt, Kohle über das Ganze ausgebreitet (O') und der Deckel aufgelegt. Alle Spalten werden mit feuerfestem Thon verschmiert und endlich wird der Strom durch die Elektroden zugelassen. Damit

nun nicht in Folge eines plötzlichen Schmelzens des Kupfers die Dynamomaschine beschädigt wird, muß zunächst ein so großer Widerstand in den Strom eingeschaltet werden, daß selbst wenn die Elektroden sich berührten, kein stärkerer Strom als ein solcher von 1600 Ampères entstehen kann. Während nun zuerst die Nadel des Ampèremeters häufig schwankt, erreicht sie schließlich bei 1000 Amp. eine ziemliche Constanz. Plötzlich erfolgt ein pfeifender scharfer Knall, eine grünlichgelbe Kupferflamme schlägt aus den Oeffnungen des Deckels hervor und nach etwa einer Minute steigt ein schwacher Dampf auf. Das bei der Reduction gebildete Kohlenoxyd hat nämlich mit der Luft im Ofen ein explosives Gemisch gebildet, welches sich entzündete. Damit hier nicht eine Ofenexplosion erfolgen kann, muß der Wärter ein brennendes Holzseit über die Oeffnung halten, wodurch eine Reihe schwacher und ungefährlicher Explosionen herbeigeführt werden. Nunmehr zeigt sich alsbald eine charakteristische gelblich weiße Flamme, und die Nadel weist auf 1200 Amp. Jetzt wird der gesammte künstliche Stromwiderstand entfernt und hierdurch der Proceß der Aluminiumreduction und der Legirung des Al mit dem Cu in vollen Gang gebracht. Sobald die Nadel 1400—1500 Amp. zeigt, muß man die Elektroden von einander entfernen, damit mehr Widerstand und gleichzeitig mehr zu reducirendes Material dem Strom in den Weg gelegt wird. Mit diesem Auseinanderziehen der Elektroden fährt man fort, bis sie die Zone P in ihrer vollen Länge zwischen sich haben. Dann ist die Hitze dieses Ofens beendet. Man schaltet in den Strom allmählich künstlichen Widerstand ein, bis man nach einigen Minuten denselben ganz abstellen, bezüglich nach einem zweiten Ofen umschalten kann. Wenn der Ofen genügend abgekühlt ist, hebt man den Deckel ab und löscht durch Aufsprengen von Wasser das noch glimmende Feuer. Am Boden des Ofens über dem Kohlenfutter findet man eine weiße krystallinische Metallmasse, bestehend aus 15 bis 35 Proc. Al und 85—65 Proc. Cu, nebst Spuren von Silicium. Ueber dieser Legirung liegt eine beträchtliche Menge von Kohlenstoff-Aluminium mit 30—60 Proc. Al, welches häufig große und gut ausgebildete Krystalle zeigt.

Die sehr reiche weiße Bronze wird in Graphittiegeln umgeschmolzen und in Barren von je 22—27 kg gegossen. Man

analysirt eine Probe davon und verschmilzt nunmehr noch mit so viel Kupfer, daß die gewöhnliche zehnpcentige Aluminiumbronze des Handels sich ergibt. Diese Bronze muß eine Zerreißungsfähigkeit von 6335 kg auf 1 qcm Querschnitt besitzen. Bei einer Arbeit der Maschinen von 20 Stunden können mit dem elektrischen Ofen täglich 136 kg zehnpcentige Bronze mit 13·6 kg Aluminiumgehalt geliefert werden. Die Nebenprodukte der Fabrication enthalten noch 27·2 kg Aluminium; mithin werden im Ganzen circa 40 kg Aluminium reducirt, also pro Stunde 2 kg. Im Ganzen werden hierzu 120 Pferdekkräfte, also für 1 kg Aluminium stündlich 60 Pferdekkräfte gebraucht. Theoretisch müßten etwa 15 Pferdekkräfte genügen, was Cowles mit einigen neueren Einrichtungen auch zu erreichen hofft. 1 kg zehnpcentige Aluminiumbronze kostete sonst 12,60 M.; jetzt kann sie zu 4—6 M. geliefert werden.

Durch Verlängerung der Hitze auf 5 Stunden und Vermehrung des Einsatzes auf über 45 kg ist es gelungen, das Aluminium selbst rein darzustellen. Voraussichtlich wird bei Annahme einiger weiterer Vervollkommnungen schließlich sogar das Kilogramm Aluminium zum Preise von 5—6 Mk. geliefert werden können.

Der Proceß der Reduction gewisser Metalloxyde und des Schmelzens der Metalle im elektrischen Ofen dürfte die gesammte Messing- und Bronzeindustrie alsbald ebenso umgestalten, wie dies in der Eisenindustrie seiner Zeit der Bessemerproceß gethan hat. Auch ist von der billigeren Herstellung des Aluminiumbronze eine wesentliche Veränderung in dem Heergeräthwesen zu erwarten.

Zu bemerken ist, daß E. H. und A. H. Cowles¹⁾ am elektrischen Ofen neuerdings Veränderungen vorgenommen haben. Nach dem D.=R.=P. 34730 ist in den Ofen eine Retorte mit der Reductionsmischung eingelegt, welche an beiden Enden durch Kohlenelektroden verschlossen ist, und zwar am positiven Pole durch eine Platte, am negativen durch einen Graphittiegel, dessen Boden in die Retorte ragt und mit dem Inneren der letzteren durch eine feine Oeffnung communicirt, dessen offene Seite aber durch eine Deckplatte geschlossen ist. Das Innere des Tiegels

1) Chemik. Ztg. 10. 1886. S. 556.

soll als Condensationskammer für sich verflüchtigende Metalle (z. B. für Zink) dienen, während ein Abzugsrohr etwaige Gase aus dem Tiegel entweichen läßt. Der Ofen ist in erster Linie zur Reduction von Metallen aus Erzen bestimmt, dürfte aber vielleicht auch zur Aluminiumfabrication Anwendung finden.

Germanium.

Mit diesem Namen bezeichnet C. Winkler ¹⁾ ein von ihm entdecktes nicht metallisches Element, welches sich in einem auf Himmelsfürst Fundgrube bei Freiberg im Jahre 1885 gefundenen reichen Silbererze vorfindet. Dieses Erz nannte A. Weisbach Argyrodit, und Th. Richter constatirte in diesem Erze als Hauptbestandtheile Schwefel und Silber, ferner geringe Mengen von Quecksilber. C. Winkler führte die vollständige Analyse des Minerals durch und fand in ihm 73—75 Proc. Silber, 17—18 Proc. Schwefel, 0.21 Proc. Quecksilber, geringe Mengen Eisen und Spuren von Arsen, erhielt aber stets einen 6—7 Proc. betragenden Verlust, der zunächst unerklärlich blieb. Nach mühevoller Arbeit wurde endlich die Anwesenheit eines neuen Elementes constatirt, welches dem Antimon sehr ähnlich ist und den Namen Germanium mit dem Symbole Ge erhielt.

Der Argyrodit liefert nämlich beim Erhitzen unter Luftabschluß (am besten im H-Strome) ein schwarzes krystallinisches, ziemlich leicht flüchtiges und zu braunrothen Tropfen schmelzbares Sublimat, welches etwas HgS enthält, aber hauptsächlich aus Germaniumsulfid besteht. Das letztere löst sich leicht in Schwefelammonium, ist also eine Sulfosäure, und wird aus der Lösung durch HCl im reinen Zustande als schneeweißer, in NH₃ sofort löslicher Niederschlag wieder abgeschieden. Beim Erhitzen im Luftstrome oder beim Erwärmen mit HNO₃ geht das Sulfid in ein weißes, bei Rothgluth nicht flüchtiges, in Kalilauge lösliches Dryd über. Dryd und Sulfid sind, letzteres seiner Flüchtigkeit halber schwerer, durch Erhitzen im Wasserstoffstrome reducirbar. Das Element besitzt graue Farbe und schwachen Glanz, ähnlich dem Arsen, ist aber erst in voller Roth-

1) Berliner Berichte 19. 1886. S. 210. — Jahrb. f. Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen 1886.

gluth flüchtig, entschieden schwieriger als Arsen und Antimon. Aus Dampfform schlägt es sich in kleinen an Jod erinnernden Kryställchen nieder. Mit Chlorgas erhitzt giebt es ein weißes, leicht verdampfbares Chlorid, welches flüchtiger als Antimonchlorid ist.

Im Argyrodit sind ungefähr 7 Proc. Germanium enthalten. Man stellt aus dem Argyrodit zunächst das Sulfid oder Oxyd her und reducirt dieselben durch Wasserstoff. Das Sulfid liefert dabei das Ge in kleinen grauen schön ausgebildeten Octaëdern, während das Oxyd ein graues glanzloses Pulver hinterläßt. Letzteres läßt sich unter Borax zum Regulus verschmelzen. Derselbe besitzt metallischen Glanz und graue Farbe, ist äußerst spröde, zerspringt beim Zerschlagen in kleine glänzende Stücke von muscheligen Bruche und zeigt an der Oberfläche krystallinische Structur. Das Germanium ist schwieriger schmelzbar als Silber. Schmilzt man es an der Luft, so glüht es (ähnlich wie Antimon) unter Verbreitung eines weißen Rauches weiter. Das specifische Gewicht beträgt 5.469 und das Atomgewicht für $\text{Ge}^{\text{IV}} = 72.75$. Das einzige bis jetzt dargestellte Germaniumoxyd hat die Formel GeO_2 und entsteht bei der Zerlegung des Chlorids mit Wasser, schwieriger bei Oxydation des Elements oder des Sulfids. Es ist weiß, feuerbeständig, in Wasser wenig, in Säuren leicht, in Alkalien sehr leicht löslich. Die wässrige Lösung reagirt sauer. Das Germaniumsulfid GeS_2 ist weiß und eine ausgesprochene Sulfosäure. Es ist in viel Wasser, ferner leicht in Schwefelalkalien und Alkalien, dagegen nicht in Salzsäure löslich. Das Germaniumsulfür GeS entsteht beim Erhitzen des Sulfids im Wasserstoffstrom in Form eines Sublimats, welches oft große Krystallblätter von metallisch grauer Farbe im auffallenden und rother Farbe im durchgehenden Lichte zeigt. Bei Reduction im raschen H-Strome bildet sich eine braunrothe Staubablagerung des amorphen Sulfürs. Das Sulfür ist in Kalilauge löslich und wird aus der Lösung durch Säure bräunlich orangeroth abgeschieden. Löst man dagegen in Schwefelammonium, so fällt Säure das Sulfid aus. Das Germaniumchlorid GeCl_4 ist eine farblose bei 88° siedende Flüssigkeit mit $D = 1.95$, die ersticken den Geruch besitzt und an der Luft stark raucht. Man erhält sie durch Erhitzen von Germanium im Chlorstrome. Mit Wasser

setzt sie sich unter eigenthümlich knackendem Geräusch zu einem dichten weißen Oxyd um, jedoch nur, wenn nicht zu viel Wasser vorhanden ist. Auch bei Verwendung von wenig Wasser ist die Abscheidung keine vollständige. Germaniumjodid GeJ_4 entsteht bei schwachem Erhitzen von Ge im Joddampf. Es bildet ein orangeroths, leicht schmelzbares und flüchtiges Sublimat, dessen Dampf sich an Luft entzünden läßt und mit düsterrother Flamme unter Jodausscheidung zu GeO_2 verbrennt.

Nach Becq de Boisbaudran¹⁾ wäre das wahrscheinlich richtige Atomgewicht des Germaniums 72.27, und weiter liefert nach ihm das Germanium bei der Einwirkung des Inductionsfunkens ein sehr schönes Spectrum, in welchem sich besonders eine blaue und eine violette Linie durch ihren Glanz auszeichnen.

Während G. Winkler zuerst die Vermuthung aussprach, daß das neue Element in dem Mendelejeff'schen natürlichen Systeme (siehe dieses Jahrb. 19. 1883. S. 274, 275) zwischen Antimon und Wismuth zu stehen komme, hat sich nunmehr ergeben, daß es vielmehr dem Silicium, Zinn und Titan verwandt, ja jedenfalls das von Mendelejeff vorausgesagte Ekasilicium sei. Das wäre schon der zweite große Triumph, welchen das natürliche System Mendelejeffs feierte, denn das von Boisbaudran 1875 entdeckte Gallium war sein erster Triumph, da dasselbe dem Ekaaluminium entsprach (Jahrb. 19. S. 280, wo allerdings folgende Druckfehler uncorrectirt geblieben sind: $\frac{\text{Al} + \text{Jn} + \text{Zn} + \text{X}_3}{4} = 69,33$ wenn

$\text{X}_3 = 72$, und weiter unten $\text{Ga} = 69.8$). Es würde das Ekasilicium dem Elemente X_3 in der Jahrb. 19. S. 274 angeführten Tabelle entsprechen. Vergleichen wir einmal die Angaben, welche Mendelejeff über die Eigenschaften dieses Elementes im Voraus gemacht hat²⁾, mit den von Winkler festgestellten Eigenschaften des Germaniums:

Ekasilicium (Es).	Germanium.
Darstellbar durch Reduction mit mit C oder Na aus EsO_2 oder durch Na aus EsK_2F_6	Dargestellt durch Reduction des Oxyds oder Sulfids mit H.

1) Comptes rendus 102. 1886. p. 1291.

2) Lieb. Annalen 8. Suppl. Bd. 1872. S. 200.

Ersilicium (Es).

Germanium.

Es zerlegt Wasserdampf schwer,
wirkt auf Säuren schwach,
leichter auf Alkalien ein.

?

Schwer schmelzbares dunkel-
graues Metall.

Schwer schmelzbares graues
Metall.

At. G = 72; D = 5.5; Atom-
volumen = 13.

At. G. = 72.75; D = 5.469.

Beim Glühen in Pulver von
schwer schmelzbarem EsO_2
übergehend. D des Dryds =
4.7.

Durch Glühen von Ge entsteht
(schwierig) das feuerbestän-
dige Dryd GeO_2 .

Das Hydrat löst sich in Säu-
ren, die Lösung scheidet leicht
ein Metahydrat aus.

Das Dryd löst sich in Säuren.

EsS_2 in Wasser unlöslich, in
 Am_2S löslich, Sulfosäure.

GeS_2 in viel Wasser löslich, in
 Am_2S löslich, Sulfosäure.

EsCl_4 eine wenig unter 100°
siedende Flüssigkeit mit D =
1.9 und Molekularvolumen
= 113.

GeCl_4 eine farblose bei 88° sie-
dende Flüssigkeit mit D =
1.95.

In der That ist die Uebereinstimmung eine so auffallende,
daß mit diesem zweiten Beweise für die Richtigkeit des natür-
lichen Systems der Elemente dieses fast aus dem Be-
reiche der Hypothese in das Gebiet der wissenschaftlichen That-
sache gehoben erscheint.

Organische Verbindungen.

Fette und Fettsäuren.

Aus der äußerst umfangreichen Literatur der letzten Jahre
über Fette und Fettsäuren können wir nur wenig hervor-
heben. Zusammenhängende wichtige Untersuchungen über die
Fette liegen von verschiedenen Seiten vor und beziehen sich ins-
besondere auf das physikalische Verhalten der Fette und die Me-
thoden zu ihrer Untersuchung. Da indessen die meisten hierüber
gemachten Angaben bereits in Lehr- und Handbücher überge-
gangen sind (z. B. Benedikt, Analyse der Fette; Schädler, Tech-
nologie der Fette), so begnügen wir uns über die Arbeiten

von Ch. Dubois und L. Badé¹⁾ zu referiren. Dieselben sind noch nicht zum Abschlusse gebracht, bieten aber bereits des Interessanten und Brauchbaren genug. Die genannten Gelehrten beschäftigen sich zunächst mit Neubestimmung des Schmelz- und Erstarrungspunktes verschiedener Fette und ihrer Fettsäuren. Sie wendeten dabei die Methode von Dalian an. Die Fettsäuren wurden in der Regel als rohe, d. h. direct aus dem Fette abgetrennte, verwendet; in einigen Fällen aber auch noch einmal mit Magnesia oder Bleiglätte verseift und nach dem Extrahiren der Oelsäureseife mit Alkohol (Magnesiaseife) oder Aether (bei der Bleiseife) wieder durch Mineralsäure frei gemacht. Endlich fand auch eine mikroskopische Untersuchung der Fettsäuren statt. Die Resultate der Untersuchung sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Fett.	Schmelzpt.	Erstarrgpt.	Proc. unlösl. Fettsäuren.	Mikroskopisches Ansehen der rohen Fettsäuren.	Erstarrgpt. der rohen Fettsäuren.	Erstarrgpt. der Fettsäuren aus Magnesiaseife.	Erstarrgpt. d. Fettsäuren aus Bleiseife.
Butter	26·4	23·8	87·5—88	Büschel v. Nadeln, activ	37·5	48·4	—
Schweinefett	33·2	33·0	93·40	Feine Nadeln zu 3 bis 4 gruppiert	42·0	54·2	54·8
Kalbsfett	37·2	35·9	94·54	Sehr kleine Flitter zu 4—5 gruppiert	42·7	53·1	49·4
Margarin	39·6	38·4	95·60	Lange Nadeln, activ	45·6	55·2	—
Rindsfett	42·2	41·5	94·20	Nadeln, optisch activ	44·2	54·0	53·0
Hammelfett	46·6	44·0	94·50	Nadeln in Büschel vereinigt	49·4	57·6	56·5
Cacaobutter	31·6	30·2	94·73	Baumartige Krystallgruppen	48·8	62·6	—
Illipefett	32·8	31·0	95·64	Büsch. in rad. Anordg. d. Kryställch.	50·6	65·0	—

Zu bemerken ist, daß die aus Magnesiaseife abgetrennten Fettsäuren beim Erstarren meist krystallisiren. Die Fettsäuren des Schweinefettes bilden dabei sehr schöne Nadeln, die von Kalbs- und Rindsfett wirre Krystallmassen, die von Hammelfett fünf- oder sechsseitige Krystalle, die von Cacaobutter und Illipefett warzenfö-

1) Bull. Soc. Chim. Paris 43. 1885. p. 207. — 44. 1885. p. 187. 602. — 45. 1886. p. 161.

mige Massen aus glänzenden harten Kryställchen, erstere weiß, letztere gelblich. Die Fettsäuren der Butter, aus Magnesia-seife nach Extraction mit Alkohol abgeschieden, besitzen ganz unbestimmte Krystallinität und verändern ihren Erstarrungspunkt beim Aufbewahren nicht. Auch hat sich gezeigt, daß die Butter bei sehr langem Aufbewahren keineswegs, wie oft behauptet wird, eine Vermehrung ihres Gehalts an Fettsäuren erfährt und daß der Erstarrungspunkt ihrer Fettsäuren völlig constant ist, selbst von in der Butter zurückgehaltener Milch wenig verändert wird. — Des weiteren wurde die Löslichkeit verschiedener Fette und Fettsäuren in verschiedenen Lösungsmitteln untersucht. Für die Fettsäuren (roh) wurden Benzol und absoluter Alkohol, für die Fette dagegen insbesondere absoluter Aethyl- und Amylalkohol verwendet. Bei den Fettsäuren wurde in mäßiger Wärme eine gesättigte Lösung hergestellt und diese dann bis zur bestimmten Temperatur abgekühlt. Die Fettsäuren krystallisirten zum Theil aus, worauf man nach und nach soviel Lösungsmittel hinzufügte, bis alles wieder gelöst war. Durch Wägung wurde die Menge des zugesetzten Lösungsmittels bestimmt und nach dem Verdunsten der Rückstand gewogen. In Betracht ist zu ziehen, daß man wegen der verschiedenen Löslichkeit der in den Fetten vorhandenen Fettsäuren auch eigentlich beim Auflösen der letzteren nur mit einer Fettsäure die Lösung sättigt, nämlich mit der am schwersten löslichen oder der vorwiegend vorhandenen. Bei den Fetten war die Arbeit schwieriger, weil diese leicht übersättigte Lösungen bilden, wenig löslich sind und sich schlecht absetzen. Die Resultate der Versuche sind in folgenden Tabellen zusammengestellt:

Fettsäuren (rohe) aus	Löslichkeit in 100 g absolutem Alkohol bei			Löslichkeit in 100 g Benzol von
	0° C.	16° C.	26° C.	12° C.
Margarin	2.37	4.94	47.06	13.53
Hammeifett	2.48	5.02	67.96	14.70
Rindsfett	2.51	6.05	83.23	15.89
Kalbsfett	5.00	13.78	137.10	26.08
Schweinefett	5.63	11.23	118.98	27.30
Butter	10.61	24.81	158.20	69.61

Fette.	Löslichkeit bei 12° C. in 100 g	
	Abf. Alkohol.	Amylalkohol.
Margarin	0·300	0·39
Lammelfett	0·347	0·45
Rindsfett	0·679	0·80
Kalbsfett	0·945	1·26
Schweinefett	1·064	1·60
Butter	1·803	2·33

Aus den angeführten Zahlen geht zunächst hervor, daß sich in Bezug auf ihre Löslichkeit die Fette verhalten wie die aus ihnen abgetrennten Fettsäuren, wenn auch die absolute Löslichkeit der letzteren eine wesentlich größere ist als die der Fette. Man kann die Verfälschung von Butter leicht aus den Löslichkeitsvermögen der aus der Butter erhaltenen Fettsäuren bestimmen: je geringer die Löslichkeit, um so stärker verfälscht wird die Butter sein, und um so höher liegt der Schmelzpunkt der Fettsäuren. — Die weiteren Arbeiten von Dubois und Badé erstrecken sich auf eine neue sehr einfache Methode der Schmelzpunktbestimmung und auf die Cacaobutter, für welche die Verfasser jetzt die folgenden Zahlen als Durchschnittswerte geben: Schmelzpunkt 32·1, Erstarrungspunkt 28·8, Erstarrungspunkt der rohen Fettsäuren 49·2, Procenle Fettsäuren 95·26, Löslichkeit der Fettsäuren in 100° abs. Alkohol bei 0° = 2·28, bei 12° = 5·59 und bei 22° = 21·4.

Ein Verfahren zur Herstellung von Fettsäuren aus Kohlenwasserstoffen hat sich E. Schaal patentiren lassen.¹⁾ Der Gedanke, welcher dem Prozesse zu Grunde liegt, ist der, billige Kohlenwasserstoffe durch Oxydation bei Gegenwart von alkalisch reagirenden Stoffen in Säuren zu verwandeln. Man erhitzt bei 150—400° siedende Kohlenwasserstoffe mit einem Zusatze aus feingepulvertem Kalk und Natrium in einem mit Rückflußkühler versehenen Kessel zum Sieden, worauf man einen Luft- oder Sauerstoffstrom einbläst und allmählich weiteres Alkali zusetzt. Die entstehende Säure wird also stets sogleich zu Seife gebunden, welche mit Hilfe einer besonderen Vorrichtung ausgeschöpft wird. Oder man vermischt die Kohlen-

1) Dingl. p. 3. 258. 1885. S. 230.

wasserstoffe (Petroleumrückstände u. s. w.) mit 20 Proc. von kauftischen oder kohlenfauren Alkalien und Erdalkalien, ferner mit Sauerstoffüberträgern und neutralen Stoffen wie Bimstein, Infusorienerde u. s. w., bis ein trocknes Pulver entsteht. Dieses setzt man der Einwirkung von Luft aus und bewirkt so die Drydation. Endlich ist auch Chlorkalk zwar nicht für alle, aber doch für manche Kohlenwasserstoffe ein gutes Drydationsmittel. Man vermischt die Kohlenwasserstoffe damit und erhitzt auf 130 bis 200°, zersetzt die Kalkseife mit Salzsäure und bindet die frei gewordene Säure an Alkali. In allen drei Fällen macht man schließlich die Säuren wieder frei und trennt sie durch Destillation im Vacuum nach ihren Flüchtigkeitsgraden. Die flüchtigsten Antheile können zur Fabrication wohlriechender Aether dienen; die nächstfolgenden Fettsäurefractionen sollen mit Glycerin und Alkohol gemischt eine rübölähnliche Flüssigkeit geben und mit Säuren gemischt sich als Tournantöl verwenden lassen. Die letzten Fractionen endlich sind der Delsäure sehr ähnlich und sowohl zur Seifenfabrication wie auch nach der Ueberführung in die Sulfo Säuren als Türkischrothöl benutzbar. — Ob sich diese Angaben bestätigen werden, bleibt abzuwarten. Sedenfalls ist die Möglichkeit einer directen Drydation der natürlichen Kohlenwasserstoffe nicht ausgeschlossen, da ja z. B. Petroleum an der Luft nach und nach harzähnliche Drydationsprodukte liefert; ob eine solche directe Drydation aber gerade Fettsäuren liefert, ist wohl noch in keiner Weise festgestellt.

Ueber Drydation von Fettsäuren haben A. Saytzeff¹⁾ und H. Garette²⁾ Arbeiten veröffentlicht. Saytzeff ließ auf Delsäure eine alkalische Lösung von übermangansaurem Kalium einwirken und erhielt rhombische Blättchen von Dioxy-stearinsäure $C_{17}H_{33}(OH)_2COOH = C_{18}H_{36}O_4$. Wurden Delsäure oder die isomere Elaidinsäure mit $KMnO_4$ ohne Zusatz von Alkali oxydirt, so entstand eine nicht ganz reine Azeläinsäure $C_{17}H_{33}(COOH)_2$. Bei Zusatz von Alkali will M. Gröger eine Säure $C_{26}H_{52}O_6$ erhalten haben, während Saytzeff zur Dioxy-stearinsäure gelangte. Diese Säure krystallisirt in rhombischen Tafelchen, ist unlöslich in Wasser,

1) J. f. p. Ch. (N. F.) 31. 1885. S. 541. — 33. 1886. S. 300.

2) Comptes rendus 102. 1886. p. 692.

leicht löslich in heißem Spiritus, beim Erkalten aus diesem wieder auskrystallisirend, in Aether sehr wenig löslich. Ihr Schmelzpunkt ist 136.5° , ihr Erstarrungspunkt $122 - 119^{\circ}$. Es ist nun gelungen aus ihr die Stearinsäure zu erhalten, so daß man Oelsäure in Stearinsäure überführen kann. Wird nämlich Dioxyystearinsäure mit Jodwasserstoff behandelt, so entsteht Monojodstearinsäure $C_{17}H_{34}J\text{COOH} = C_{18}H_{35}JO_2$. Diese Säure wird durch nascirenden Wasserstoff zu Stearinsäure reducirt. Der Weg der Erzeugung von Stearinsäure aus Oelsäure ist also durch folgende Reactionsgleichungen angedeutet: $C_{17}H_{33}\text{COOH} + O + H_2O = C_{17}H_{33}(\text{OH})_2\text{COOH}$; $C_{17}H_{33}(\text{OH})_2\text{COOH} + 3\text{HJ} = C_{17}H_{34}J\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{J}_2$; $C_{17}H_{34}J\text{COOH} + 2\text{H} = C_{17}H_{35}\text{COOH} + \text{HJ}$. Wenn man die Monojodstearinsäure mit Silberoxyd behandelt, so entsteht Monoxyystearinsäure: $2C_{17}H_{34}J\text{COOH} + \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{AgJ} + 2C_{17}H_{34}\text{OHCOOH}$. — Geht man, statt von der Oel-, von der Elaïdinsäure aus, so erhält man durch Drydation mit alkalischer Lösung von KMnO_4 eine Dioxyystearinsäure mit dem Schmelzpunkte $99 - 100^{\circ}$ und dem Erstarrungspunkte $86 - 85^{\circ}$, die also offenbar eine zu jener aus Oelsäure erhaltenen isomere Dioxyystearinsäure ist. Diese Reaction ist eine der wenigen Thatfachen, welche für die chemische Isomerie der Oel- und der Elaïdinsäure sprechen. — H. Carotte weist darauf hin, daß unter den Drydationsprodukten von Fettsäuren sich auch normale Propylendicarbon-säure $C_3H_6(\text{COOH})_2 = C_5H_8O_4$ befindet. Dies zu vermuthen lag deshalb nahe, weil Sebacinsäure, das stete Drydationsprodukt der Fette bei der Drydation, ebenfalls jene Säure lieferte. Als Versuchsmaterial verwendete Carotte einmal Stearin des Handels, das andere Mal Oelsäure. Als Drydationsmittel wurde Salpetersäure benutzt und die Drydation 9 Tage lang im Ballon mit Rückflußkühler durchgeführt. Thatächlich war unter den Drydationsprodukten die bei 96° schmelzende Propylendicarbon-säure enthalten. Wahrscheinlich ist dieselbe identisch mit der Lipinsäure, welche von verschiedenen Gelehrten unter den Drydationsprodukten von Fettsäuren gefunden wurde, und die ebenfalls die Zusammensetzung $C_5H_8O_4$ besitzt.

Stearinsäure. — Durch F. Krafft¹⁾ ist nachgewiesen

1) Berl. Ber. 17. 1884. S. 1627.

worden, daß der durch Reduction von Palmitinaldehyd mit Zinkstaub und Eisessig erhaltene Hexadecylalkohol $C_{16}H_{33}OH$ identisch mit dem Hauptbestandtheile des Cetylalkohols aus Walrat ist. Der käufliche Cetylalkohol dagegen enthält Beimengungen von höher siedenden Alkoholen, z. B. von Octadecylalkohol $C_{18}H_{37}OH$. Da nun Guthzeit den letzteren der Oxidation unterwarf, so ist es erklärlich, daß er eine Säure $C_{18}H_{36}O_2$ mit einem niedrigeren Schmelzpunkt als Stearinsäure, nämlich $63-64^{\circ}$, erhielt. Diese isomere Stearinsäure nannte er Cetylessigsäure: sie ist aber nichts anderes als unreine gewöhnliche Stearinsäure.

Palmitinsäure. — Nach R. S. Chittenden und H. E. Smith ¹⁾ eignet sich zur Darstellung der reinen Palmitinsäure am meisten Myricawachs (von *Myrica cerifera*), welches zu $\frac{1}{5}$ Palmitin und zu $\frac{4}{5}$ freie Palmitinsäure nebst geringen Mengen von Laurin und Laurinsäure enthält. Das Wachs wird mit Natronlauge verseift, die Seife wird mit Schwefelsäure zersetzt, und die abgeschiedenen und gewaschenen Fettsäuren werden in 90 procentigem Alkohol gelöst. Die Lösung entfärbt man mit Thierkohle und läßt sie nunmehr erkalten, wobei Palmitinsäure auskrystallisirt. Die Bildung der drei Palmitine aus Glycerin und freier Säure gelang nicht, vielmehr entstanden stets Gemenge, die sich aber durch die verschiedene Löslichkeit der Palmitine in Alkohol aufheben ließen. 100 Thl. Alkohol lösen nämlich bei 21° 0.0053 bis 0.043 Thl. Tripalmitin, bei 27° 0.504 Thl. Dipalmitin und bei 22.4° 5.306 Thl. Monopalmitin. Der Schmelzpunkt beträgt bei Monopalmitin 63° , bei Dipalmitin 61° und bei Tripalmitin $62-64^{\circ}$. Die entsprechenden Erstarrungspunkte sind $62.25-62.75$, 57 und $45-47^{\circ}$ C. Mono- und Dipalmitin krystallisiren, das Tripalmitin dagegen nicht.

Die Palmitinsäure wird gegenwärtig fabrikmäßig aus Delsäure dargestellt. (Siehe dies. Jahrb. 4. 1868. S. 348). Nach W. L. Carpenter ²⁾ liefert eine Tonne (20 Ctr.) Rohmaterial für Stearinsäurefabrication 1 Ctr. Glycerin, 9 Ctr. käufliche Stearinsäure und 10 Ctr. Delsäure. Bisher wurde die

1) Chem. Centralbl. 16. 1885. S. 221.

2) Chem. Ind. 6. 1883. S. 170.

Delsäure hauptsächlich zur Darstellung von Schmierseifen verwendet. Aber 1 Tonne Delsäure hat für den Seifenfabrikanten nur etwa 400 Mk. Werth, während feste Fettsäuren den zwei bis dreifachen Werth besitzen. Sind also nicht gerade die Talg- und Palmölpreise äußerst niedrig, so wird eine Methode, nach welcher sich Delsäure in feste Fettsäure verwandeln läßt, sehr werthvoll sein. Eine solche hat schon 1840 Barren-trapp angegeben. Wird nämlich Delsäure mit überschüssigem Aetzkali erhitzt, so entsteht Palmitinsäure, Essigsäure und Wasserstoff: $C_{17}H_{33}COOH + 2KOH = C_{15}H_{31}COOK + CH_3COOK + H_2$. Die fabrikmäßige Ausführung dieses Processes wurde von S. C. Radisson in Marseille in die Hand genommen. Sie geschieht in gußeisernen Cylindern mit Eisenblechdeckeln. Man bringt in sie $1\frac{1}{2}$ Tonne Delsäure und $2\frac{1}{2}$ Tonne 43 grädige Kalilauge und heizt an, wobei Ueberhitzung streng zu vermeiden ist. Die anfangs entstehenden Dämpfe entweichen durch das Mannloch des Deckels. Wenn die Delsäureseife anfängt trocken zu werden, so schließt man das Mannloch und leitet die Dämpfe fortan durch eine Röhre in einen Condensationsthurm und sodann in einen Gasammler. Die Temperatur wird langsam bis auf $347^{\circ}C$. gesteigert, während ein Rührwerk die Masse in fortwährender Bewegung erhält. Bei $290^{\circ}C$. beginnt, nachdem die Seife geschmolzen ist, die Wasserstoffentwicklung. Bei 347° nehmen die Gase einen eigenthümlichen Geruch an, worauf sofort die Operation beendet werden muß. Jetzt führt man Dampf und Wasser in den Cylinder ein und läßt das palmitinsaure Kalium in einen offenen Wasserbehälter ab, in welchem die Masse durch Dampf bis zum Sieden gebracht wird. Beim Erkalten scheidet sich über der Kaliumhydroxydhaltenden wässerigen Schicht (18 grädige Kalilauge) das neutrale palmitinsaure Kalium ab. Dasselbe wird abgehoben und durch Schwefelsäure in der Wärme zerlegt. Es wird eine hellbraune Palmitinsäure frei, welche beim Erkalten in großen Tafeln krystallisiert. Der Schmelzpunkt dieser Palmitinsäure schwankt zwischen 50 bis $52.78^{\circ}C$. Man destillirt die Palmitinsäure, wobei 3 Proc. pechartige Rückstände bleiben, und erhält ein völlig weißes Destillat. Diese Palmitinsäure mit dem Schmelzpunkt 60 bis $65.55^{\circ}C$. kann mit der besten Stearinsäure concurriren. Sie ertheilt der Stearinsäure, wenn man sie mit der

letzteren vermischt, eine paraffinähnliche Transparenz, indem sie jener die Neigung zur Krystallisation benimmt. Die beste Ausbeute liefert Delsäure, welche durch Zersetzen der Fette mit Schwefelsäure gewonnen wurde, nämlich 94 bis 95 Proc. ihres Gewichtes an Palmitinsäure. 100 kg weiße Palmitinsäure kosten in Marseille 23.36 M. Wünschenswerth wäre es, wenn man statt des Kalis mit Natrium arbeiten könnte. Doch hat dies seine Schwierigkeiten, weil ölsaures Natrium schwer schmelzbar und ein so schlechter Wärmeleiter ist, daß selbst bei Anwendung eines Rührwerks keine gleichmäßige Temperatur zu erzielen ist. Man muß daher, falls man mit Natrium arbeitet, eine gewisse Menge Paraffin zusetzen. Nach beendigter Reaction und dem Sieden der Masse mit Wasser erhält man beim Erkalten alsdann 3 Schichten: zuoberst Paraffin, in der Mitte Natriumpalmitat, zu unterst Natriumlauge. Vielleicht läßt sich das Paraffin übrigens durch billigere schwere Theeröle oder durch Petroleumrückstände ersetzen.

Delsäure. — In den Stearinfabriken werden die Fette zunächst in Glycerin und Fettsäuren zerlegt. Die Fettsäuren bestehen aus dem festen Antheil, Stearin- und Palmitinsäure, und dem flüssigen Antheil, der Delsäure. Letztere wird durch starke Pressen aus dem Gemische entfernt. Die festen Fettsäuren dienen zur Kerzenfabrication und sind zwei bis dreimal so werthvoll, wie die Delsäure, welche zur Seifenfabrication und zum Einfetten der Wolle benutzt wird. Es liegt also ein Interesse des Fabrikanten, möglichst wenig feste Fettsäuren in der Delsäure zu lassen. Zur Erzeugung von Stearin werden die Fettsäuren zweimal gepreßt: zuerst kalt (d. h. am besten bei 18—20° C.), alsdann warm (d. h. bei ungefähr 55° C.). Die Preßkuchen der Kaltpresse werden nämlich zwischen durch Dampf gewärmte Metallplatten gelegt und noch einmal gepreßt. Zurück bleiben die festen weißen Fettsäuren, welche als Kerzenmaterial dienen, während eine weichere gefärbte Masse (das Weichfett oder Margarin der Stearinfabriken) abfließt. Diese letztere Masse wird immer mit einer neuen Portion Fettsäuregemisch auf die Kaltpresse gegeben, so daß nun hier die Delsäure (das Oel in der Fabriken und des Handels) abfließt. Würde die Kaltpresse bei 2—8° C. arbeiten, so würde reine Delsäure von ihr abfließen. Ist die Temperatur

aber höher, so löst die Delsäure beträchtliche Mengen der festen Fettsäuren auf, naturgemäß also im Sommer mehr, als im Winter; aber da man, wie schon erwähnt, bei 18—20° am besten kalt preßt, also im Winter die Räume heizen muß, so ist auch die Delsäure, welche im Winter abfließt, nicht frei von Fettsäuren. Im Allgemeinen kann man annehmen, daß die Delsäure der Kaltpresse stets 15—20 Proc. feste Fettsäuren gelöst und beigemischt enthält. Um nun diese festen Fettsäuren zur Ausscheidung zu bringen, muß man die Delsäure abkühlen. Dazu ist aber nöthig, daß man den festen Säuren die Neigung zur Krystallisation mittheilt. Dies geschieht durch Erwärmen der Delsäure auf 80°, worauf man langsam abkühlen läßt. Die Delsäure trübt sich und wird nun auf die Filterpressen gebracht. Da die Temperatur aber hierbei nicht bei 8° oder noch niedriger gehalten werden kann, ist selbstverständlich immer noch ein gewisser Betrag von festen Fettsäuren in Lösung geblieben. Um die Delsäure nicht künstlich kühlen zu müssen, ließ man sie vielfach bis in den Winter lagern; aber die Anhäufung der Delsäure wird alsdann aufs äußerste lästig, ja sie ist schon bei alsbaldiger Aufarbeitung unangenehm genug. Die Gebrüder *B e t t* haben daher einen Apparat construirt, der die Delsäure im Verhältnisse ihrer Production verarbeitet. Derselbe besteht in einer mit Eiswasser gefüllten, langsam rotirenden Trommel, über welche eine dünne Schicht Delsäure fließt, an der Trommel erstarrt und durch ein Streichbrett abgeschabt wird. Die erstarrte Delsäure kommt sofort in die Filterpresse zur Abscheidung der festen Säuren. Dieser Apparat ist aber nur für destillirte Delsäure verwendbar (solche die bei der Zersetzung der Fette mit Schwefelsäure entstanden ist), denn diese ist fast frei von unzersetztem Fett, gut krystallisirbar und kann also unbesorgt schnell gekühlt werden. Die der Autoclavenverseifung entstammende Fettsäure dagegen enthält in der Regel noch beträchtliche Mengen unzersetztes Fett (8—15 Proc.), welches bei schneller Abkühlung die Krystallisation der festen Fettsäuren stören würde. Hierdurch aber erhielt man eine homogene teigige Masse, welche sich nicht mit der Filterpresse behandeln ließe. Es ist also nur die langsame Abkühlung anwendbar.¹⁾

1) Seifenfabrikant 5. 1885. S. 460.

Eine solche langsame Abkühlung bezweckt nun der vorzügliche Apparat von A. Kind (D.=K.=P.)¹⁾, der von Klein, Schanzlin und Becker in Frankenthal gebaut wird. Derselbe beruht auf der Anwendung des Gegenstromprinzips und besteht aus drei concentrischen Cylindern mit innen glatter Oberfläche, die so ineinander gefügt sind, daß sich zwischen ihnen ringsförmige Räume befinden, von denen der eine zur Aufnahme von eiskaltem Wasser, der andere zur Aufnahme der Delsäure bestimmt ist. Der äußere Cylinder ist von einem schlechten Wärmeleiter umkleidet; er hat an einem Ende ein Eintrittsrohr für das kalte Wasser, am anderen ein Ablaufrohr. Der zweite Cylinder läuft mit leichter Reibung im ersten. Beide Cylinder tragen Rippen, welche abwechselnd oben und unten durchbrochen sind, so daß das Kühlwasser in dem Raum zwischen den beiden Cylindern einen schraubenartigen Weg zurücklegen muß. Innerhalb des zweiten Cylinders befindet sich ein langsam rotirender dritter, der zwischen sich und dem zweiten Cylinder einen engen ringsförmigen Raum frei läßt. Dieser Raum ist ebenfalls durch Rippen in Abtheilungen getheilt. In diesen Raum tritt die Delsäure, und zwar fließt sie dem zwischen dem ersten und zweiten Cylinder strömenden Kühlwasser entgegen. Die gekühlte Delsäure gelangt alsdann in Sammelgefäße. Selbstverständlich sind die Cylinder an beiden Enden verschlossen und zwar durch dieselben Deckel, die nur Oeffnungen für den Zutritt des Wassers und der Delsäure, sowie für die Ase des inneren beweglichen Cylinders besitzen. Die Kühlflüssigkeit besteht aus Wasser, welches zur Herabdrückung seines Gefrierpunktes irgend ein Salz gelöst enthält, und wird durch Eismaschinen abgekühlt. Das Wasser, wie die Delsäure durchfließen den Apparat continuirlich; letztere kehrt unter Umständen mehrfach in denselben zurück. Sie darf innerhalb einer Stunde um nicht mehr als 1° abgekühlt werden und muß schließlich nur noch 3—4° Temperatur besitzen. Die Delsäure gelangt schließlich in die Pressen, von denen sie klar abfließt, während Kuchen fester Substanz mit 38—40° Schmelzpunkt zurückbleiben. Da dieselben noch bis zu 60 Proc. Fett enthalten, sollten sie nochmals verseift werden. Ein Apparat, der täglich 5000 kg Del-

1) Dingl. p. S. 257. 1885. S. 108.

säure verarbeitet, soll durch Wiedergewinnung der festen Säuren täglich einen Gewinn von 256 Mk. abwerfen. Ein solcher Apparat soll sich in einem Jahre bezahlt machen.

Wollfett und „Lanolin“. — Unter allen Fetten nimmt das Wollfett (Wollschweiß) dadurch eine isolirte Stellung ein, daß dasselbe kein Glycerid, sondern ein Fettsäurecholesterinester ist. Die Schafwolle enthält nach Liebreich¹⁾ nicht unbedeutende Mengen an Fett, die sich bei australischer Wolle bis zu einem durch einfachen Druck der Hände auspreßbaren Gehalt steigern können. Früher pflegte man die Schafe vor der Schur zu waschen, so daß die Wolle bereits ziemlich fettfrei in den Handel kam. Das war aber ein ungeeignetes Verfahren, denn abgesehen davon, daß die Schafe häufig in ihrer Gesundheit geschädigt wurden, ging auch im ausgewaschenen Fette eine werthvolle Substanz verloren. Gegenwärtig wird daher die Schafschur ohne vorherige Wäsche bewirkt und die fettige Wolle gelangt in die sog. Wollwäschereien. (Siehe d. Jahrb. 6. 1870. S. 264). In ihnen wird die Wolle in großen Apparaten, die man „Leviathans“ nennt, mit alkoholischer Flüssigkeit gewaschen. Aus den Waschwässern erhielt man ein Fett, welches man früher zur Leuchtgasbereitung verwendete, während die Wässer nach dem Abdampfen Potasche hinterließen. Gegenwärtig centrifugirt man die Wollwaschwässer, um das Fett möglichst vollständig zu erhalten und bringt das rohe Wollfett in den Handel. Dasselbe ist eine zähe Masse von widerlich bößigem Geruch, welche bis zu 25 Proc. freie Fettsäuren enthält. Das Wollfett besteht in der Hauptsache aus Verbindungen verschiedener Fettsäuren mit Cholesterin, einem einsäurigen Alkohol von der Zusammensetzung $C_{26}H_{44}O$ und von unbekannter Constitution, sowie mit dem isomeren Isocholesterin. Nach A. Buifine²⁾ kommt auch Cerotinsäurecerylester darin vor, $C_{26}H_{53}COO(C_{27}H_{55})$, und zwar als wesentlicher Bestandtheil. Ob ein Fett Cholesterin enthält oder nicht kann man durch eine einfache Reaction constatiren. Cholesterinfette geben nämlich, wenn man sie in Essigsäureanhydrid auflöst, durch Zusatz einiger Tropfen conc. Schwefelsäure eine schöne grüne Lösung.

1) Chem. Centralbl. [3] 17. 1886. S. 47.

2) Bull. Soc. Chim. Paris 42. 1884. p. 201.

Das Wollfett hat bereits seit längerer Zeit Verwendung zur Seifenfabrication gefunden.¹⁾ Für sich allein versotten, giebt es aber keine guten Seifen; vielmehr wird es nur als Zusatzfett benutzt. So z. B. kann es mit Walfett, Knochenfett und Harz zusammen zu einer leidlichen tiefbraunen Seife versotten werden. Soll die Seife hell gefärbt erscheinen, so muß man sie unter einem Zusatz von rohem Palmöl und mit 16 grädigen Laugen versieden.

Ch. Violette, A. Buisine und A. Binchon haben sich ein Verfahren patentiren lassen, nach welchem sie Stearin und Seife aus Wollfett darstellen wollen.²⁾ Das geschmolzene Wollfett wird in einen liegenden mit Rührwerk versehenen Cylinder eingelassen, der geheizt werden kann. Nachdem das Rührwerk in Bewegung gesetzt wurde, giebt man auf 4 Theile Wollfett 1 Theil trocknes gepulvertes Natrium oder Kali- oder Natronkalk zu und läßt von oben her überhitzten Wasserdampf in den Cylinder treten, bis die Temperatur von 250—300° erreicht ist. Gleichzeitig wird durch den Dampf die Luft verdrängt. Nach einigen Stunden ist die Operation beendet. Die im Wollfett enthaltenen freien Fettsäuren werden zunächst an das Alkali gebunden; alsdann bei erhöhter Temperatur zersezt das Alkali die Ester, wobei Del-, Stearin- und Cerotinsäure sowie Cholesterin und Isocholesterin, Cerylalkohol u. s. w. frei werden; die Säuren binden sich ebenfalls an das Alkali. Bei wachsender Temperatur verwandeln sich auch die Alkohole in Fettsäuren. Die flüchtigen Zersezungsprodukte gelangen am oberen Ende des Cylinders in einen Kühler mit Abzugsrohr für nicht verdichtbare Gase. Nach beendeter Reaction läßt man den Inhalt des Cylinders vom Boden aus in Bottige ab, in denen man ihn mit 3—5 Thl. kochenden Wassers behandelt. Beim Abkühlen scheiden sich Seifen aus. Diese werden auf Filterpressen ausgepreßt oder man läßt die Unterlage einfach ab. Die Lauge hinterläßt beim Eindampfen und Calciniren des Rückstands calcinirte Soda. Die Seifen werden, falls alles Natron wieder gewonnen werden soll, erst in Kalkseifen verwandelt und hierauf diese zersezt, oder auch direct

1) Seifenfabrikant 5. 1885. S. 541.

2) Dingl. p. J. 257. 1885. S. 192.

mit Säure zerlegt. Die rohen Fettsäuren schwimmen oben auf, werden gesondert und gewaschen und hierauf einer fractionirten Destillation mit Wasserdampf unterworfen. Es destillirt zuerst der größte Theil der Oelsäure über, ein kleiner Theil mit übergehenden festen Fettsäuren scheidet sich aus dem Destillat in Körnern ab. Man preßt die Oelsäure aus und benutzt sie zur Seifenfabrication. Die zweite Fraction wird ebenso behandelt, wenn nöthig unter Zusatz von Kohlenwasserstoffen, um die Trennung der festen Stoffe durch Auspressen zu erleichtern. Dasselbe gilt von der dritten Fraction. Die festen Fettsäuren werden vereinigt und als Kerzenmaterial benutzt.

In andrer Weise verarbeiten Jaffé und Darmstädter in Charlottenburg das Wollfett.¹⁾ Man hatte schon früher aus Wollfett das reine Fett dargestellt, welches sich als so beständig erwies, daß es erst durch schmelzendes Kali zu verseifen war. Oben genannte Firma nahm diese Verarbeitung des Wollfetts nach einem vereinfachten Verfahren wieder auf und zwar zu dem Zwecke, das reine Fett als Salbengrundlage in den Handel zu bringen. Sie nannten ihr etwa 20 Proc. Wasser haltendes reines Wollfett Lanolin. Das trockene Lanolin ist absolut neutral, kann durch wässerige Alkalien nicht verseift werden, ist im Stande, mehr als sein Eigengewicht Wasser aufzunehmen und damit eine höchst geschmeidige Substanz, sehr geeignet zur Incorporirung von Arzneistoffen, zu bilden und wird in ausgezeichneter Weise von der Haut resorbirt. Das Handelsprodukt enthält, wie schon erwähnt, 20 Proc. Wasser und ist eine gelblich weiße salbenähnliche Masse. Mit Wasser und einer Spur Soda bildet es eine sehr haltbare milchweiße Emulsion, welche für kosmetische Zwecke höchst geeignet ist. Mit Fetten und Glycerin läßt das Lanolin sich leicht vereinigen und bewirkt die Extinction des Quecksilbers (Vertheilung von Hg in äußerst feinpulverigem Zustande) in sehr kurzer Zeit.

A. Gawalovski²⁾ schlägt folgende Darstellungsweise des Lanolins vor. Die Seifenlauge der Wollwäschereien geht durch einen engmaschigen Drahtkorb, sodann durch ein mit Stroh oder Sägespähnen beschicktes Filter und schließ-

1) Seifenfabrikant 5. 1885. S. 557.

2) Dersf. 6. 1886. S. 272.

lich noch durch eine Filterpresse. Hierauf wird die Lauge mit Lösungen von Chlormagnesium oder Magnesiumsulfat gefällt, wobei sich eine auch das Cholesterin einhüllende Magnesiaseife bildet. Diese Seife wird mit reinem kaltem Wasser ausgepreßt und mit genau der nöthigen Menge HCl oder H₂SO₄ zersetzt. Die Fettsäuren und das Cholesterin kommen an die Oberfläche, während die Unterlauge als Fällungsmaterial für eine neue Menge filtrirter Seifenlauge dienen kann. Die Fettsäuren und das Cholesterin werden nunmehr in geschlossenen Gefäßen mit Petroleumäther bei 25—30° zu einer dünnen Flüssigkeit angerührt. Diese Flüssigkeit wird in geschlossenen Filterpressen durch Flanell filtrirt, worauf man aus dem Filtrat das Lösungsmittel abdestillirt. Der Rückstand wird mit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{10}$ Proc. Magnesia carbonica, welche mit Wasser zu einer milchigen Flüssigkeit angerührt ist, vermischt, um die letzten Reste der Säure zu binden, und nun mit Wasser so lange gewaschen, bis letzteres klar abläuft. Dann schmilzt man den Rückstand und filtrirt ihn heiß durch Beutel aus Kameelhaar oder Wolle. Das jetzt erhaltene Produkt wird nochmals mit Petroleumäther vermischt, wodurch die Fettsäuren fast vollständig, das Cholesterin nur theilweise gelöst werden. Man preßt in geschlossenen Filterpressen aus und emulgirt nun den Rückstand mit Wasser. Das Produkt ist das Lanolin des Handels, welches, wenn es in dieser Weise bereitet wird, aus Cholesterin mit wenig Fettsäuren besteht.

Glycerin.

Glyceringewinnung in Seifenfabriken. — Die Glyceringewinnung geht von den Fetten aus, welche Gemische aus Fettsäureglycerylestern sind. Die gewöhnlichen Methoden, wie sie in den Stearinfabriken angewendet werden, sind die der Kaltverseifung der Fette mit nachheriger Zersetzung der Kaltseife durch Schwefelsäure, die Methode der Fettzersetzung durch Schwefelsäure und endlich diejenige der Zersetzung durch überhitzte Wasserdämpfe. In allen drei Fällen erhält man eine wässerige Glycerinlösung, welche in der Regel noch Säure und andere Verunreinigungen enthält. Dieselbe muß concentrirt und destillirt werden. Im Allgemeinen ist die Glyceringewinnung in den Stearinfabriken eine sehr einfache gegenüber den um-

ständlicheren Arbeiten, welche stattfinden müssen, wenn aus der Seifenunterlauge Glycerin gewonnen werden soll (s. d. Jahrb. 18. 1882. S. 420). Bei der Seifenfabrication geschieht bekanntlich die Zersetzung des Fettes durch Natron- oder Kalilauge. Man erhält dabei freies Glycerin und ein Gemisch von fettsauren Alkalien, welches man Seife nennt. Um die Seife abzuschneiden, sowie um Kali- in Natronseife umzuwandeln, setzt man Kochsalz zu („salzt aus“), wobei die Seife sich von der sog. „Unterlauge“ trennt. Die letztere enthält in viel Wasser verhältnißmäßig wenig Glycerin und ziemlich viel Salze (Kochsalz, Glaubersalz, Soda), wenig Alkalkali, geringe Mengen von Seife, von Eiweißstoffen, Harzen u. s. w. Nach C. L. Ringzett hatten eine bis 38° B. = 1.35 spec. Gew. concentrirte Lauge sowie das sich bei der Concentration auscheidende Salz die folgende Zusammensetzung

Lauge von 38° B. enthielt in 1 Gallon = 4.5436 Lit.

Wasser	3 280 g
Glycerin	889 =
Salze	1 211 =
	<hr/>
	5 380 g (statt 6133 g)

Das ausgeschiedene Salz bestand aus

Kochsalz	78.12 Proc.
Natriumsulfat	8.61 =
Unlöslich Anorganisches	0.22 =
Glycerin und löslich Organisches	3.55 =
Wasser	7.50 =
Natriumcarbonat	2.61 =
	<hr/>
	100.61 Proc. (statt 100)

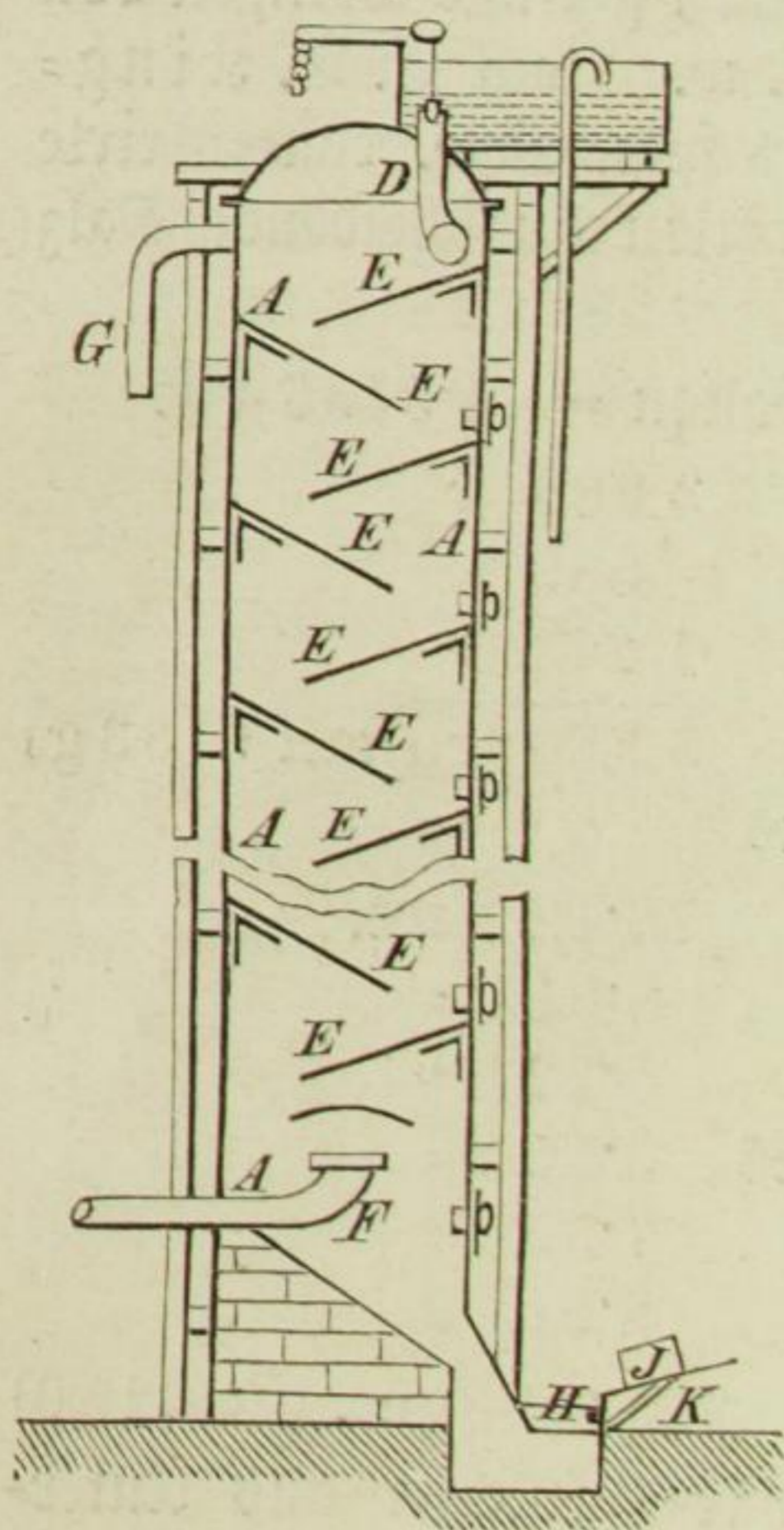
Die verschiedenen Methoden, das Glycerin aus Unterlauge zu gewinnen, müssen nach W. L. Carpenter¹⁾ folgende Bedingungen erfüllen: 1) Eiweißstoffe, harzige Bestandtheile und Seifen aus der Unterlauge entfernen oder dieselben zerstören, 2) die Löslichkeit des Kochsalzes verringern oder dasselbe in ein anderes leicht entfernbare Salz verwandeln, damit die Unterlauge salzfrei gemacht werden kann, 3) die Kosten

1) A Treatise on the Manufacture of Soap and Candles, by W. L. Carpenter, London 1885. p. 298 u. f.

der Concentration bis zum „rohen Glycerin“ verringern. Selten werden alle drei Bedingungen erfüllt. Die älteste Methode der Glyceringewinnung, diejenige von H. Reynolds (1858) nahm gar keine Rücksicht auf obige Forderungen, sondern concentrirte die Unterlage einfach und wollte alsdann das Glycerin mit überhitztem Dampfe abdestilliren. Sie scheiterte an den großen Mengen von Salzen in der Lauge.

Die erste Methode, welche mit Erfolg angewendet wurde, war die von Thomas, Fuller und King (1879) und ge-

Fig. 26.



hörte zu denjenigen Processen, welche hauptsächlich die erste Forderung (Beseitigung von Eiweiß, Harz, Seife) zu erfüllen bestrebt sind. Nach diesem Prozesse soll die concentrirte Lauge mit einer Fettsäure zum Sieden erhitzt werden, wobei die Eiweißstoffe gerinnen und kaustische und kohlensaure Alkalien in Seife verwandelt werden. Andere „coagulirende Stoffe“, die zugesetzt werden, sind Eiweiß selbst, Blut, Gelatine, Aluminium- oder Chromsalze, Kalk, Chlorcalcium, Gerbsäure zc. Die Beseitigung des Kochsalzes (Bedingung 2) beabsichtigen einige weitere Methoden, bei denen Chlorwasserstoff oder Kohlensäure eingeleitet werden sollen, ersteres um NaCl auszuschneiden, letztere um NaHCO₃ aus NaCl zu bilden, welches sich ebenfalls abscheiden würde.

Endlich gehört hierher der Vorschlag, sich beim Auswaschen der Seife nicht des Koch-, sondern des Glaubersalzes zu bedienen. Die Kosten der Concentration bis zum Rohglycerin zu vermindern (Bedingung 3), sind viele Vorschläge gemacht worden, z. B. Einblasen von heißer Luft, Erhitzen der Abdampfsflächen nur von der Seite zc. Ein sehr guter Abdampfer ist der von Thomas und Dörmeyer, welcher 1881 patentirt wurde (siehe Fig. 26). Aus einer Brause D gelangt ein Regen der Unter-

lauge auf die oberste schiefe Ebene E, während von unten her aus F heiße Luft einströmt. Die Mündung von F ist durch ein geeignetes Dach geschützt. Von G her saugt ein Exhaustor den Wasserdampf ab, der sich bildet, während die Unterlauge dem heißen Luftstrom über die schiefen Ebenen E entgegenströmt. Die concentrirte Lauge sammelt sich in H an, welches mit der verschließbaren Klappe J versehen ist. Von den genannten Beiden, Thomas und Domeyer rührt auch eine von den wenigen wirklich brauchbaren Processen zur weiteren Verarbeitung der concentrirten Lauge her. Man setzt ihr einen Ueberschuß von Mineralsäure zu und überläßt sie einige Zeit sich selbst. Dann entfernt man den Schaum und neutralisirt genau mit Alkali. Nunmehr giebt man ein Drittel des Gesamtgewichts vom Rohglycerin von einem Lösungsmittel für die Verunreinigungen des Glycerins zu, in welchem aber das Glycerin selbst unlöslich ist (Theeröle, Petroleum, Mineralöle, Schwefelkohlenstoff, Amylalkohol, Aether u. s. w.). Oder noch besser, man vermischt das Rohglycerin mit seinem eignen Volumen an Methyl- oder Aethylalkohol, wodurch die Salze abgeschieden werden, und filtrirt. Mit Bleiorhd oder löslichen Bleisalzen entfernt man die letzten Spuren von Salzsäure und destillirt hierauf den Alkohol ab, wobei gleichzeitig die Ester von dem Glycerin beigemischten flüchtigen Fettsäuren weggehen. Die ausgeschiedenen Salze müssen, um Glycerinverlust zu vermeiden, centrifugirt werden. Interessant ist auch ein Vorschlag von H. Fleming, der die concentrirte Lauge dialysiren will. Durch die Membrane von Pergamentpapier gehen die Salze, überhaupt alle Krystalloide, während das Glycerin und freilich auch die dasselbe verunreinigenden Colloidsubstanzen auf der Membrane zurückbleiben. (Siehe dies. Jahrb. 18. 1882. S. 420). Einige weitere patentirte Prozesse zur Glyceringewinnung aus Unterlauge seien hier, zum größten Theile nach A. Watt¹⁾, noch angeführt.

Bei dem Prozesse von B. Young kommt die Unterlauge in große Abdampfkessel, wo sie durch verdünnte Schwefelsäure neutralisirt wird. Falls Harz oder Fett vorhanden ist, giebt

1) The Art of Soap-making, by A. Watt. London 1885. p. 220—227.

man einen geringen Ueberschuß von der Säure zu. Man dampft auf $\frac{1}{10}$ des ursprünglichen Volumens ab, filtrirt, neutralisirt das Filtrat mit wenig kohlensaurem Kalk und concentrirt weiter durch Dampf, bis eine Probe der Masse beim Abkühlen syrup- und teigartig wird. Jetzt wird das Gemisch aus Glycerin, Chloriden, Sulfaten, Carbonaten u. s. w. des Natriums, Kaliums und Calciums centrifugirt. Das ausgeschleuderte Glycerin wird endlich noch destillirt. G. Payne giebt zu der mit H_2SO_4 neutralisirten Unterlauge eine Lösung von Tannin, bis keine Fällung mehr erfolgt. Erwärmen befördert die Abscheidung der Eiweißstoffe; geringe Acidität wird durch Kalkmilch beseitigt. Die geklärte oder filtrirte Flüssigkeit wird concentrirt, wobei sich fortwährend Kochsalz ausscheidet. Sind nur noch etwa 10 Proc. Salz gelöst, so destillirt man das Glycerin ab. Beim Versmann'schen Proceß wird die Unterlauge zuerst concentrirt und das abgeschiedene Salz entfernt. Alsdann läßt man erkalten und leitet Kohlensäure ein, wodurch saure Alkalicarbonate zur Ausscheidung gebracht werden. Die filtrirte Flüssigkeit wird nun im „Osmogene“ (einem Apparat der auch zur Scheidung von Salzen aus Zuckerlösungen dient) der Osmose unterworfen, wobei man ein salzfreies, aber verdünntes Glycerin erhält, welches man von neuem concentrirt. J. J. D'Farrell dampft die Unterlauge soweit ab, bis dieselbe mit Kochsalz gesättigt ist. Alsdann benutzt er dieselbe wieder zum Ausfalten der Seife. Nachdem dies mehrfach wiederholt und also eine sehr glycerinreiche Lauge erhalten worden ist, concentrirt man die letztere soweit wie möglich, wobei sich die Hauptmasse des Kochsalzes ausscheidet. Das Glycerin wird nunmehr entweder mit Methylalkohol weggelöst oder im Vacuum durch auf 200° erhitzten Wasserdampf abdestillirt. Nach Allan soll die neutralisirte concentrirte Lauge, aus welcher die abgeschiedenen Salze entfernt wurden, mit Alaun, Chlorcalcium oder roher Essigsäure unter Umrühren versetzt werden. Die Niederschläge läßt man absitzen und zieht die klare Flüssigkeit ab, um sie in seitlich erhitzten Pfannen oder solchen mit schiefen Böden zu concentriren. Die Flüssigkeit wird schließlich aus einer Retorte mit überhitztem Wasserdampf abdestillirt.

Bei dem Proceße von A. J. Lawson und H. L. Sulman werden die Laugen bis zu $D = 1.14$ bis 1.16 concentrirt

und hierauf abgekühlt. Jetzt ist die etwa vorher noch gelöste Seife unlöslich geworden, steigt auf und wird abgeschöpft. Nunmehr erhitzt man von neuem und setzt ein Chromoxydsalz zu, wodurch Eiweiß unlöslich gemacht wird. Die Eiweißstoffe werden entfernt, um sich vor ihrer Zersetzung bei weiterem Eindampfen zu schützen und so reinere und heller gefärbte Laugen zu erhalten, als nach den anderen Methoden. Gleichzeitig mit dem Chromoxyd giebt man entsprechende Mengen Schwefelsäure zu, um die freien Alkalien zu neutralisiren. Statt Chromoxydsalz und Schwefelsäure nacheinander zuzugeben, kann man auch gleich die Abfalllaugen vom Bleichen des Talges zusetzen (Chromlaugen), bei sehr stark gefärbter Unterlauge mit Zusatz von etwas freier Chromsäure. Sind die Eiweißstoffe entfernt, so giebt man einen geringen Ueberschuß von kohlensaurem Kalke zu und erhält kurze Zeit beim Sieden, wodurch Chromoxyd gefällt und überschüssige Säure neutralisirt wird. Das ausgeschiedene Chromoxyd kann später in dem gleichen Prozesse von neuem Benutzung finden. Man filtrirt und concentrirt die klare Flüssigkeit, bis sich das Salz nahezu vollständig ausscheidet. — B. Clolu's Methode beginnt mit der Neutralisation der kalten Lauge durch Salzsäure, wobei sich ein Theil der festen Körper ausscheidet. Es wird filtrirt und concentrirt. Die sich ausscheidenden Salze werden beseitigt. Wenn die Flüssigkeit 32° B. zeigt, bringt man die concentrirte Lauge in ein anderes Gefäß und bläst heiße Luft ein. Hierdurch bringt man das Salz nach und nach zu immer vollständigerer Ausscheidung, weil das Glycerin immer concentrirter wird. Jetzt centrifugirt man und giebt zum Glycerin einen Ueberschuß von Salzsäure. Hierdurch wird alles noch gelöste Salz abgeschieden. Das Glycerin muß nunmehr durch Einblasen von heißer Luft oder durch Zusatz eines Ueberschusses von Bleioxyd von der Salzsäure befreit werden. — Der Proceß von Benno, Jappé u. Co. setzt voraus, daß das Aussalzen nicht mit Kochsalz, sondern mit Glaubersalz geschieht, welches genau wie jenes wirkt, aber später leichter zu entfernen ist. Die Unterlauge wird zuerst, da sie alkalisch reagirt, durch saures Natriumsulfat neutralisirt, hierauf filtrirt und concentrirt. Glaubersalz krystallisirt aus und wird somit wieder gewonnen. Die rückständige Flüssigkeit ist sehr reines Glycerin und bedarf nur noch einmaliger Destillation.

C. Moldenhauer und C. Heinzerling¹⁾ wollen die Unterlauge bei niedriger Temperatur eindampfen und die rückständige stark alkalische Masse mit absolutem Alkohol extrahiren. Die alkoholische Glycerinlösung wird abfiltrirt und mit Schwefelsäure angesäuert; es scheidet sich Natriumsulfat aus. Nach nochmaligem Filtriren setzt man zur Lösung Bleioryd oder Bleisalz, um die Salzsäure zu entfernen. Nunmehr destillirt man den Alkohol ab und destillirt das zurückbleibende Glycerin. Bei dem Verfahren von E. Brochon u. Co.²⁾ werden die Unterlaugen mit Kochsalz gesättigt, worauf filtrirt wird. Die klare Lösung säuert man an und fällt die abgeschiedenen Fettsäuren durch Eiweiß, Leim oder dgl. Nach dem Absitzen dampft man ein und entfernt die auskrystallisirenden Salze, worauf schließlich das Glycerin aus der klaren Flüssigkeit durch Destillation gewonnen wird. F. Meilly³⁾ giebt zur Lauge 3—5 Proc. Magnesiumoxydchlorid zu, nachdem die Säure durch Magnesia, die Alkalinität durch Chlormagnesium beseitigt ist. Hierauf mischt man indifferente Stoffe wie Sand, Kieselsäure u. s. w. bei, bis bei fortgesetztem Trocknen und Rühren eine dicke teigige kleinstückige oder auch eine poröse trockene Masse entstanden ist. Diese wird in Retorten gefüllt und hierauf das Glycerin mit überhitztem Wasserdampf abdestillirt.

Alle diese Prozesse werden nach W. L. Carpenter von dem Verfahren übertroffen, bei welchem das Glycerin den Fetten vor der Verseifung entzogen wird. Ein solcher Proceß rührt von Gebrüder Michaud her (1882) und wird insbesondere in Amerika von der Continental Glycerine Company in New-York ausgenutzt. Es werden bei diesem Prozesse die Fette durch Einwirkung von Wasser und sehr kleinen Mengen von Zinkoxyd (oder Magnesiumcarbonat) unter Druck in Glycerin und freie Säuren zerlegt. Zu diesem Zwecke werden die Fette in einem geschlossenen Kessel mit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ ihres Gewichts an Wasser und $\frac{1}{5}$ bis $\frac{3}{5}$ an Zinkweiß oder den entsprechenden Mengen Zinkpulver, Zinkasche &c. unter erhöhtem Druck längere Zeit erhitzt. Nach 3 bis 4 Stunden ist der Proceß beendet; man hat die Fettsäuren in fast ausschließlich freiem

1) Dingl. p. J. 252. 1884. S. 86.

2) Dingl. p. J. 251. 1884. S. 95.

3) Chem. Ind. 9. 1886. S. 52.

Zustande vom Glycerin geschieden. Das Glycerin findet wie es aus dem Kessel gelassen wird sofort guten Absatz im Handel; man kann bis zu 96 Proc. reines Glycerin daraus gewinnen. Gegen den ganzen Proceß läßt sich nur das etwas minder gute Aussehen der aus den Fettsäuren gewonnenen Seifen anföhren; für die Kerzenfabrication sind die Säuren dagegen völlig geeignet. E. D. Baujard ¹⁾ hat fast ganz dasselbe Verfahren in England patentirt erhalten. In einen Digestor wird Wasser, Fett und 2 bis 3 Tausendstel vom Gewicht des letzteren an Zinkpulver gegeben. Beim Erhitzen tritt dann die oben genannte Zerlegung in Fettsäuren und Glycerin ein, welche Baujard auf Rechnung einer Wasserzerlegung durch Zink setzt. J. W. Freestone schlägt dagegen die Erhitzung des Fettes mit 50 Proc. Wasser und 10 Proc. Magnesia unter 8 Atmosphären Druck behufs Zerlegung desselben in Glycerin und Fettsäuren vor. ²⁾

Nach einer anderen Quelle ³⁾ als derjenigen, aus welcher wir die vorstehenden Notizen schöpften, wird bereits in allen amerikanischen, mehreren englischen und einigen deutschen und italienischen Seifenfabriken aus der Unterlauge ein salzhaltiges Rohglycerin gewonnen, welches einen bestimmten Handelswerth besitzt. Man verfährt hierbei in folgender Weise. Das freie Alkali der Unterlauge wird durch H_2SO_4 oder HCl neutralisirt und gleichzeitig hierbei Kohlensäure und schweflige Säure freigemacht. Diese beiden Säuren entstammen der häufig verwendeten unreinen Soda, resp. dem unreinen Natriumalkali. Da sich bei der Neutralisation auch Niederschläge bilden, so filtrirt man und concentrirt nunmehr das Filtrat in dem Apparate von L. Droux (siehe Fig. 27). Die Lauge wird in den Trog T gegeben, in welchem langsam der hohle mit Rippen versehene Cylinder A B rotirt. Dieser Cylinder wird von v her durch die hohle Ase s mit Dampf (Abdampf) geheizt. Der nicht verdichtete Dampf entweicht durch s'x, während das Condenswasser bei z abfließt. Durch die Rippen erhält A B eine sehr große Oberfläche, welche bei der Rotation stets mit einer neuen Schicht der Lauge bedeckt wird. Diese dünne, erwärmte und der freien

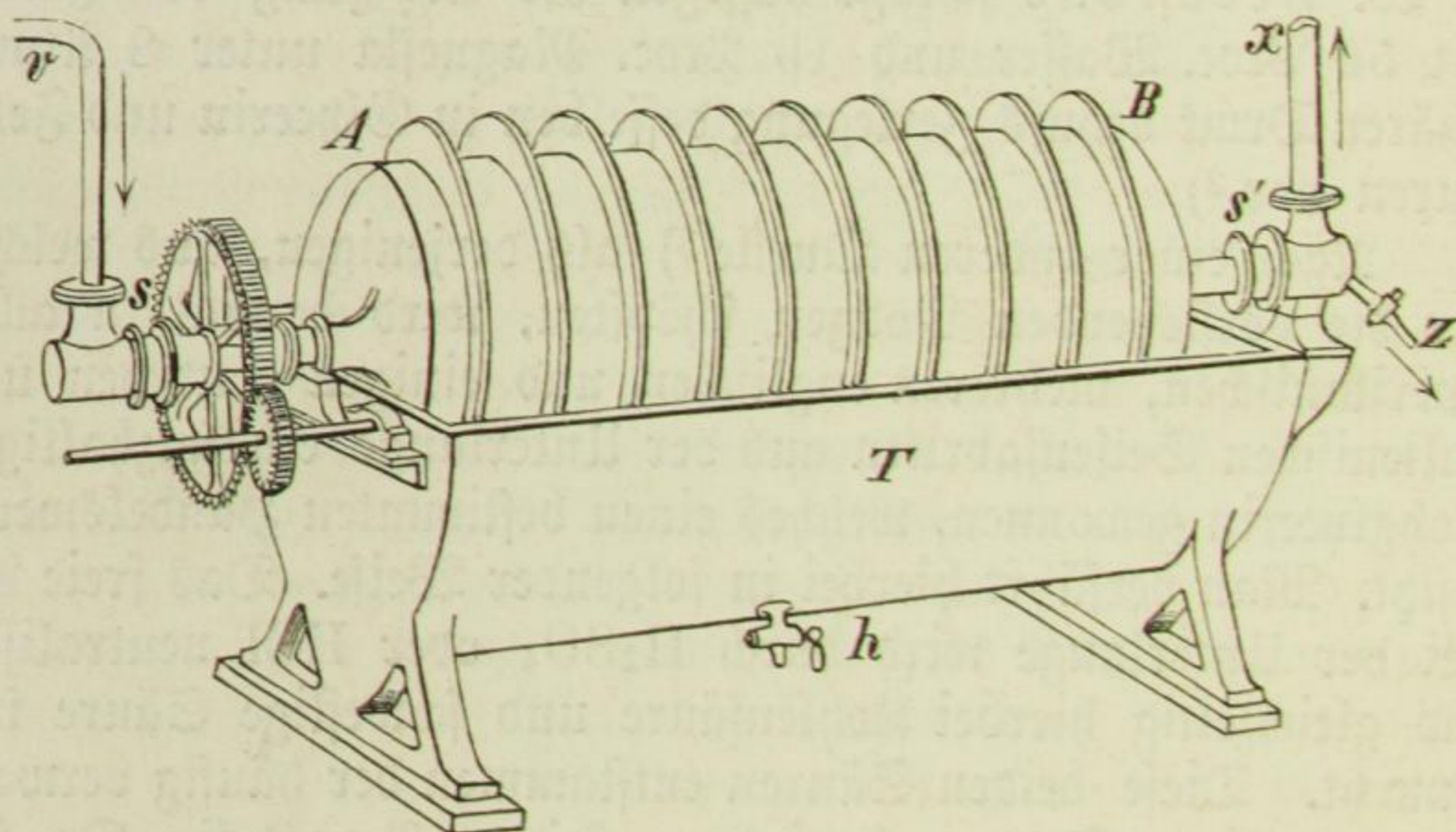
1) Chem. Ind. 7. 1884. S. 293.

2) Dingl. p. 3. 259. 1886. S. 320.

3) Seifenfabrikant 5. 1885. S. 401. 413.

Luft ausgesetzte Laugenschicht concentrirt sich schnell, so daß der Cylinder alsbald mit einer Salzdecke überschichtet ist. Von Zeit zu Zeit muß man dieselbe mit dem Hammer los schlagen. Ist die Lauge bis zu $30^{\circ} \text{B.} = 1.2569 \text{ D}$ concentrirt, so läßt man sie durch h ab. Beim Abkühlen scheiden sich große Mengen von Salzen aus; aber die Schwefelverbindungen bleiben noch gelöst. Deshalb wird die decantirte Lauge in einem anderen Gefäße nach Zusatz von H_2SO_4 mit heißer Luft behandelt, wobei noch unzersetzte Sulfide sich in Sulfate verwandeln. Jetzt wird von neuem im Droux'schen Apparate concentrirt, bis man ein starkgefärbtes syrupdickes Glycerin von $35 - 36^{\circ} \text{B} =$

Fig. 27.



$1.3 - 1.33 \text{ D}$ erhalten hat. Aus diesem gewinnt man durch Destillation oder Osmose 60 Proc. handelsfähiges Glycerin. Gewöhnlich liefert indessen der Seifenfabrikant die Lauge von 35 bis 36°B an die Glycerinfabriken ab. Mit dem Droux'schen Apparate von 2.5 m Länge und 0.8 m Durchmesser des Cylinders lassen sich über 3000 Lit. täglich verdampfen.

Noch besser und richtiger erscheint freilich das Verfahren, dem Fette vor der Verseifung das Glycerin zu entziehen, wie Carpenter ebenfalls angiebt. Auch zur Erreichung dieses Zieles hat L. Droux einen geeigneten Apparat construirt. Derselbe besteht aus einem horizontal liegenden Kupferblechcylinder mit einer rotirenden Schaufelwelle im Inneren und besonderen Vorrichtungen, welche zulassen, daß im Inneren des

Cylinders ein Dampfdruck von 9—10 kg pro qcm eintreten kann, ohne daß insbesondere an der Eintrittsstelle des Rührwerks irgend welche Undichtheit entsteht. In den Cylinder kommt das Fett mit Wasser gemischt. Daß diese Mischung eine höchst innige werde, dafür sorgt das Rührwerk. Bei Dampfdruck in oben angegebener Höhe ist nach höchstens 6 Stunden die Zerlegung des Fetts in Fettsäuren und Glycerin beendet, und man läßt nun das glycerinhaltige Wasser auf Filter, die Fettsäuren in den Seisensiedekessel fließen. Der einzige Uebelstand des Apparates ist der, daß die Fettsäuren das Kupfer leicht angreifen. Das filtrirte Glycerinwasser wird auf $7-8^{\circ} \text{B} = 1.05 \text{ D}$ eingedampft, wobei der letzte Antheil der Fettsäuren sich ausscheidet. Nach nochmaliger Filtration dampft man mit dem Droux'schen Apparate bis zu $28^{\circ} \text{B} = 1.24 \text{ D}$ ein. Die Kosten der Gewinnung betragen durchschnittlich nur 1.13 M. für 100 kg in Arbeit genommenes Fett, also bei Annahme einer durchschnittlichen Ausbeute von 7 Proc. Glycerin von 28°B nur 16 Pfg. pro 1 kg Glycerin.

Weiteres über die Verseifung in Autoclaven u. s. w. mit gleichzeitiger Rücksichtnahme auf Glyceringewinnung siehe unter „Seife“.

Eigenschaften des Glycerins. — Sehr ausführliche Untersuchungen über die Dichte, den Siedepunkt und die Spannkraft der Dämpfe von Glycerinlösungen hat G. Th. Gerlach ¹⁾ angestellt. Nur einiges kann aus der umfanglichen Abhandlung hervorgehoben werden. Der Siedepunkt des chemisch reinen Glycerins ist, bei Inrechnungstellen aller Correctionen, $= 290^{\circ} \text{C}$. Das Glycerin siedet sehr ruhig und gleichmäßig und scheint daher geeignet, bei Herstellung von Thermometern für hohe Temperaturen zur Feststellung des Punktes $+ 290^{\circ}$ benutzt zu werden. Wird Glycerin in Wasser gelöst, so tritt Temperaturerhöhung ein, welche am höchsten ist, wenn 58 Gwthl. Glycerin mit 42 Gwthl. Wasser vermischt werden, nämlich alsdann ungefähr 5°C beträgt. Das specifische Gewicht des reinen Glycerins beträgt 1.2653 bei 15°C . Ueber die specifischen Gewichte der Lösungen giebt folgende Tabelle Auskunft:

1) Chem. Ind. 7. 1884. S. 377.

Proc. reines Glycerin.	D bei 15° C.	D bei 20° C.
100	1·2653	1·2620
90	1·2400	1·2360
80	1·2130	1·2090
70	1·1850	1·1820
60	1·1570	1·1550
50	1·1290	1·1280
40	1·1020	1·1010
30	1·0750	1·0740
20	1·0490	1·0480
10	1·0245	1·0235
0	1·0000	1·0000

Es findet also beim Vermischen von Glycerin und Wasser Contraction statt, und zwar ist dieselbe am größten, wenn man 57 Gwthl. Glycerin mit 43 Gwthl. Wasser vermischt, nämlich über 1·1 Volumenprocent.

Nach L. Noel¹⁾ ist es fehlerhaft, aus Angaben des Aräometers den Procentgehalt an Glycerin in einer Lösung ableiten zu wollen, weil diese Aräometer in ihren Graden nicht übereinstimmen und selbst die Grade desselben Aräometers von verschiedenen Autoren verschieden gedeutet werden.

Es ist deshalb einzig richtig, ein sog. Densimeter zu verwenden, d. h. ein Aräometer, dessen Spindel genaues specifisches Gewicht, nicht beliebige Grade anzeigt. Champion und Pellet haben dazu folgende Tabelle aufgestellt:

Proc. Wasser.	D bei 15° C.	Baumé-Grade nach Berthelot.	Baumé-Grade nach Collardon-Bacher.
0	1·2640	31·2	30·2
1	1·2612	30·9	29·9
2	1·2585	30·7	29·7
3	1·2560	30·4	29·4
4	1·2532	30·2	29·2
5	1·2505	30·0	29·0
6	1·2480	29·8	28·7
7	1·2455	29·6	28·5
8	1·2427	29·3	28·2
9	1·2400	29·0	28·0
10	1·2375	28·8	27·8
15	1·2242	27·4	26·5
20	1·2112	26·2	25·3

1) Savonnerie 1. 1884. p. 116.

W. Proctor¹⁾ berichtet über gefrorenes Glycerin, welches er durch Zufall erhalten hatte. 25 kg Glycerin waren zur Hälfte krystallinisch erstarrt. Die Dichte des nicht gefrorenen Theils betrug bei $15.5^{\circ} = 1.235$ bis 1.237 . Das feste Glycerin schmolz bei $21—26^{\circ} \text{C}$; die geschmolzene Masse hatte $D = 1.2618$, war also fast hundertprocentiges Glycerin. Nach P. Treutler besitzen schöne farblose Glycerinkrystalle $D = 1.263$ bis 1.264 , schmelzen bei $18—20^{\circ}$ und eignen sich daher zum Versandt. Der etwas höhere Preis dem flüssigen Glycerin gegenüber und die Unbequemlichkeit des Schmelzens oder das schwierigere Auslösen haben die Nachfrage nach krystallisirtem Glycerin fast aufhören lassen. (Siehe auch dies. Jahrb. 4. 1868. S. 352 und 10. 1874. S. 311).

Seife.

Zur Chemie der Seifenfabrication haben C. R. A. Wright und C. Thompson²⁾, sowie J. N. Whitelaw³⁾ wichtige Beiträge geliefert. Die ersten Beiden beschäftigen sich zunächst mit Erforschung des Vorgangs beim Ausfalten der Kaliseifen. (Siehe dies. Jahrb. 6. 1870. S. 270). Man nahm bisher in der Regel an, daß die stärkere Base bei Wechselfersetzen die schwächere und also Kali das Natron aus seinen Verbindungen austreibe. Darnach müßte der chemische Vorgang beim Ausfalten der Kaliseife der folgende sein: Kaliseife + Chlornatrium = Natronseife + Chlorkalium. Thatsächlich ist die Wechselfersetzung zwischen Kochsalz und Kaliseife aber nur eine theilweise und zwar abhängig von den Mengen der beiden vorhandenen Substanzen. Die Versuche haben ergeben, daß bei der Behandlung einer Kaliseife mit der äquivalenten Menge Natrium (NaOH) sich fast ebensoviel Natronseife bildet, wie bei der Behandlung von Natronseife mit der äquivalenten Menge Kalium (KOH). Im Einzelnen ergab sich bei Behandlung von Kaliseife mit äquivalenter Menge NaOH die Umwandlung von 48.8 Proc. Kaliseife in Natronseife; bei Behandlung von Natronseife mit äquivalenter Menge KOH die Umwandlung von 46.0 Proc. Natronseife in Kaliseife.

1) Seifenfabrikant 5. 1885. S. 425.

2) Chem. Ind. 9. 1886. S. 56.

3) Dingl. p. J. 260. 1886. S. 143.

Anders wirken die Alkalicarbonate ein. Es wurde Seife mit einer äquivalenten Menge des Carbonats vom anderen Alkali in Lösung geschüttelt, das Ganze auf dem Wasserbad eingedampft und die Seife mit Alkohol herausgelöst. Sowohl bei der Behandlung von Kaliseife mit Soda, wie bei der Behandlung von Natronseife mit Potasche war hauptsächlich Kaliseife vorhanden. Hieraus erklärt sich die Einwirkung von Potaschelösung auf Textur und Korn von Natronseifen: es wird eben die harte Natronseife zum Theil in die weiche Kaliseife umgewandelt. Bei Einwirkung von Kochsalz auf Kaliseife oder von Chlorkalium auf Natronseife entsteht dagegen hauptsächlich Natronseife. Whitelaw hat die Einwirkung von Kochsalzlösungen auf die Seife noch weiter untersucht. Wenn nämlich Seifen mit Kochsalzlösungen von verschiedenem Salzgehalt gekocht werden, so nimmt der Wassergehalt der Seifen mit steigender Concentration der Kochsalzlösung ab. Die Versuche wurden mit Talgseife und Palmölseife ausgeführt, welche letzterer sich in ihrem Verhalten die Cocosseife anschließt, während die meisten Delseifen sich wie Talgseife verhalten. Talg und Palmöl wurden mit Natronlauge verseift, die Seife wurde in Wasser gelöst und alsdann mit soviel Kochsalz ausgeschieden, daß sie fest und körnig wurde. Dies geschah bei Palmölseife mit 18 procentiger und bei Talgseife schon mit 6.5 procentiger Kochsalzlösung. Bei Anwendung von 13 procentiger Salzlösung blieb die kochende Palmölseifenlösung klar, desgleichen die Talgseifenlösung bei 3 procentiger Salzlösung. Werden diese Lösungen abgekühlt, so bildet die Palmnußölseife eine weiche Masse, die Talgseife eine Schicht an der Oberfläche der Salzlösung. Es wurde weiter eine Olivenölseife mit verschieden starken Kochsalzlösungen 30 Minuten lang gekocht und nach ihrer Abscheidung ihr Wassergehalt bestimmt. Bei Anwendung von 8 procentiger Salzlösung enthielt die Seife 31.6 Proc. Wasser, bei 17 procentiger Salzlösung 25.7 Proc. Wasser und bei heiß gesättigter Kochsalzlösung nur 19.1 Proc. Wasser.

Ueber die Einwirkung von Wasser auf Seife machen Wright und Thompson die folgenden Mittheilungen. Durch viel Wasser wird nach der älteren Ansicht, welche von den Verfassern noch getheilt wird, eine neutrale Seife in saures fett-saures Alkali (saure Seife) und freies Alkali zerlegt. Die Ver-

fasser nennen diesen Vorgang Hydrolyse der Seife und stellen über die Ergebnisse ihrer Untersuchung folgende Tabelle auf:

Seife aus:	Mittleres Molekulargewicht.	Durch x Mol. Wasser freigemachte Proc. Na ₂ O				
		x = 150	x = 250	x = 500	x = 1000	x = 2000
Reiner Stearinsäure . . .	284	0.70	1.00	1.7	2.60	3.55
Fast reiner Palmitinsäure	256	1.45	1.90	2.6	3.15	3.75
Palmöl und Talg	271	1.10	1.55	2.6	4.10	5.30
Reiner Oelsäure	282	1.85	2.60	3.8	5.20	6.65
Roher Laurinsäure	195	3.75	4.50	5.4	6.45	7.10
Baumwollsamöhl	250	2.25	3.00	5.0	7.50	9.50

Es geht aus dieser Tabelle hervor, daß die Menge des freigemachten Alkalis mit der Menge des zugegebenen Wassers zunimmt und zwar in der Weise, daß die Zunahme zuerst stärker, später geringer ist. Von den bekannteren Säuren erleiden die Seifen der Oelsäure die stärkste, diejenigen der Stearinsäure die geringste Zersetzung. Es folgt ferner, daß Oelsäure- oder Laurinsäurereiche Seifen und ganz besonders die aus Baumwollsamöhl dargestellten Seifen nach Seite des freierwerdenden Alkalis hin die zur Reinigung geeignetsten sein würden. Zu bemerken ist, daß in obiger Tabelle x Mol. Wasser auf 1 Mol. Seife, und Proc. Na₂O vom Gesamtnatron der Seife gemeint sind. Die Bestimmung der freien Natrons geschah durch die Alkoholprobe, d. h. die getrocknete Seife wurde mit absolutem Alkohol ausgekocht und das Filtrat auf Acidität oder Alkalinität geprüft und nach diesem Resultat mit Lauge oder mit Säure unter Anwendung von Phenolphthalein als Indicator titriert. Der Filterrückstand besteht hauptsächlich aus Alkalicarbonaten, deren Alkaligehalt nach dem Lösen bestimmt wird. Die Summe des hierbei und im Filtrat gefundenen Alkalis ist das Gesamtalkali der Seife. — Wie schon seiner Zeit A. Fricke (dies. Jahrb. 10. 1874. S. 306), so bezweifeln neuerdings auch Dehan und Maben¹⁾ die gebräuchliche Theorie von der Wirkung der Seife, insbesondere weil darnach neben freiem Alkali saure fettsäure Salze entstehen sollen, welche in Wasser unlöslich sind. Denn einmal ist nach Ansicht der Verfasser eine Bildung saurer

1) Dingl. p. J. 259. 1886. S. 56.

und sehr wunderlicher Natur. Koton di geht nun, wie die Wissenschaft stets thun soll, vom Versuche aus. Er stellte sich zuerst eine reine Seife her, indem er eine Lösung von Mar-seiller Seife ausfällte, die ausgeschiedene Seife in 95 procentigem Alkohol löste, die Lösung filtrirte, das Filtrat eindampfte und mit dem Rückstand die ganze Operation nochmals wiederholte. Jetzt war die Seife in siedendem Wasser völlig klar löslich, die Lösung reagirte alkalisch, enthielt aber kein freies Alkali oder Alkalicarbonat, und die Seife besaß die folgende Zusammensetzung:

	Lufttrocken.	Ueber Schwefelsäure getrocknet.
Wasser	29·41	—
Fettsäuren mit 41·5° Schmelzpunkt	64·90	91·43
Natron (Na_2O)	7·82	11·32
Anorganische Salze	0·16	0·31
	<u>102·29</u>	<u>103·06</u>

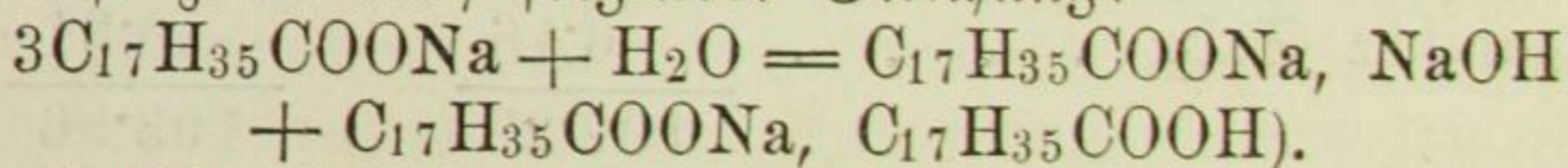
(Diese Analyse kann nicht 100 ergeben, weil die Fettsäuren wie das Natron in der Seife nicht mit ihrem vollen Bestande enthalten sind.) Aus dieser Seife wurden 4 Lösungen von verschiedenem Gehalte hergestellt und bei verschiedenen Temperaturen dialysirt. Die dialysirte wie die nichtdialysirte Flüssigkeit wurden eingedampft und die Rückstände nach dem Trocknen über Schwefelsäure auf ihren Natrongehalt geprüft. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Nr.	100 g Seife gelöst in	Dauer der Dialyse.	Temperatur hierbei.	Proc. Na_2O in den Rückständen	
				der dialysirten Flüssigkeit.	der nicht dialysirten Flüssigkeit.
1	1 Lit. Wasser	30 Tage	15° C.	15·06	10·81
2	2 Lit. Wasser	30 Tage	15° C.	15·34	10·74
3	2 Lit. siedendem Wasser	30 Tage	15° C.	16·12	9·56
4	0·5 Lit. Wasser	?	80° C.	15·58	9·33

Die Menge der Seife, welche dialysirte, war sehr gering, besonders bei Lösung 1 und 2. Die Rückstände der dialysirten Flüssigkeit waren in kaltem und heißem Wasser löslich; die Lösungen trübten sich erst, nachdem sie einige Tage der Luft aus-

gesetzt geblieben waren. Die Rückstände der nicht dialysirten Flüssigkeit waren nur in heißem Wasser löslich, und die Lösung trübte sich sofort beim Abkühlen. Setzte man die Dialyse genügend lange fort, so erhielt man schließlich einen gänzlich undialysirbaren Rückstand, der in heißem Wasser unlöslich war. Die dialysirte Flüssigkeit enthielt kein freies Alkali. Aus diesen Thatsachen zieht nun Koton di die folgenden Schlüsse:

1) Die neutralen Alkaliseifen ($C_nH_{2n-1}O_2M^I$) werden durch Wasser in basische und saure Seifen zerlegt. Die basischen Seifen ($C_nH_{2n-1}O_2M^I, MOH$) sind in kaltem und heißem Wasser löslich; die sauren Seifen ($C_nH_{2n-1}O_2M^I, C_nH_{2n}O_2$) sind unlöslich in kaltem und sehr wenig löslich in heißem Wasser. (Die Zersetzung einer neutralen Stearinsäureseife durch Wasser verlief also z. B. nach folgender Gleichung:



2) Die Zersetzung der neutralen Seifen geht leichter in heißem als in kaltem Wasser vor sich. Die Schnelligkeit der Zersetzung hängt ferner von der Concentration der Seifenlösung und der herrschenden Temperatur ab.

3) Die basischen Seifen dialysiren leicht, die sauren Seifen überhaupt nicht. Da die neutralen Seifen ebenfalls dialysiren, so können die dialysirten Flüssigkeiten noch etwas von jenen enthalten, und man hat für deren völlige Zersetzung und erneute Dialyse zu sorgen, wenn man ganz reine basische Seife in der Lösung haben will.

4) Bei der Zersetzung der neutralen Seifen durch Wasser wird weder Alkalihydrat, noch Alkalicarbonat frei. Dies weist man nach, indem man die gelösten Seifen ausfällt und die Unterlauge analysirt; die Seifen werden völlig abgeschieden, die Unterlauge ist alkalifrei.

Die Zerlegung der neutralen Seifen durch Wasser in basische und saure Seifen läßt sich auch durch folgenden Versuch beweisen. 100 g Seife wurden in 1 Lit. Wasser unter Erwärmen aufgelöst und 24 Stunden in einem offenen Gefäße belassen. Es wurde nun filtrirt und der Rückstand über Schwefelsäure getrocknet. Derselbe enthielt 10.17 Proc. Na_2O und war vollkommen löslich in siedendem Wasser. Beim Erkalten schied sich aus dieser Lösung abermals eine un-

Lösliche Seife mit 6·11 Proc. Na_2O aus. Das Filtrat hinterließ beim Abdampfen einen Rückstand mit 14·12 Proc. Na_2O , also offenbar eine basische Seife, während im ursprünglichen Lösungsrückstand saure Seifen enthalten waren (Normale Seife hielt 11·32 Proc. Na_2O). Ließ man das Filtrat aber im offenen Gefäße längere Zeit stehen, so gelangte eine faserige Substanz zur Abscheidung, die nach dem Trocknen über H_2SO_4 7·84 Proc. Na_2O enthielt, während das Filtrat von dieser Substanz einen Rückstand mit 15·97 Proc. Na_2O ergab. Das letzte Filtrat lieferte bei längerem Stehen im offenen Gefäße abermals eine Ausscheidung von saurer Seife; das Filtrat von dieser blieb aber klar und sein Abdampfrückstand war eine basische Seife mit 16·21 Proc. Na_2O . Dieselbe war vollkommen löslich in kaltem Wasser, reagirte stark alkalisch und ließ sich völlig ausfalten, während die Unterlauge alkalifrei war. Die wässerige Lösung dieser basischen Seife löste Fettsäuren, insbesondere Delsäure zu einer klaren Flüssigkeit auf, welche nach einigen Tagen in Berührung mit Luft sich trübte, weil aus der ursprünglichen Mischung von neutraler und basischer Seife sich nunmehr ein Gemisch von saurer und basischer Seife gebildet hatte.

Ebenso wie die Lösungen basischer Seifen Delsäure oder andere Fettsäuren wegen Bildung neutraler Seifen auflösen, lösen sie auch saure Seifen in der Wärme. Aber beim Abkühlen der Lösung tritt Trübung ein. Hieraus erklärt es sich, warum gewöhnliche Seife in heißem Wasser klar löslich ist, obschon in ihm die Zersetzung vollständiger ist als in kaltem Wasser.

Kalte wässerige Lösungen der basischen Seifen verseifen die neutralen Fette nicht, sondern emulgiren sie nur. Mit Triolein z. B. erhält man dabei eine weiße Masse, die wie Schlagfahne aussieht. Dieselbe läßt sich ohne Veränderung erwärmen; setzt man aber 80 procentigen Alkohol zu, so scheidet sich das Triolein unverändert wieder oben ab, und die untenstehende Lösung ist absolut glycerinfrei. Es hat also keine Verseifung stattgefunden. Die gleiche Eigenschaft kommt den gewöhnlichen Seifen, wenn auch in schwächerem Grade, besonders in heißer Lösung zu, da sie sich in saure und basische Seifen zerlegen.

Leitet man durch eine kalte wässerige Lösung von basischer Seife Kohlensäure, so entsteht eine milchige Flüssigkeit, welche aber beim Stehen an der Luft, durch Erwärmen oder durch

Zusatz von Alkohol wieder klar wird. Durch Filtriren läßt sie sich nicht klären. Kochsalz scheidet alle gelöste oder suspendirte Seife aus. Die basische Seife ist wahrscheinlich in $C_nH_{2n-1}O_2M^1$, M^1CO_3 übergeführt worden, welche unlöslich ist. Aus der Unlöslichkeit der basischen Seifen in kohlenensäurehaltigem Wasser erklärt es sich, warum die Seife in stark kohlenensäurehaltigem Wasser ein schlechtes Reinigungsvermögen besitzt.

Die sauren Seifen besitzen keine einzige der reinigenden Eigenschaften der basischen Seifen. Wenn sie also nicht, wie schon A. Friede andeutet, überhaupt wirkungslos sind, so kann man doch höchstens von einer mechanischen Wirkung sprechen, insofern sie vielleicht abreibende Eigenschaften besitzen könnten.

Die Theorie der Seifenwirkung nach Rotondi ist also die folgende: die neutrale Seife zerlegt sich unter dem Einflusse des Wassers, und zwar besonders des heißen Wassers, in saure und basische Seife. Die basische Seife löst die Fettsäuren auf und führt die Fette in Emulsion über. Durch beide Eigenschaften wirkt sie reinigend beim Waschen. Die saure Seife hat keine oder doch nur eine mechanische Einwirkung.

So dankbar man für die vorstehend skizzirten schönen Untersuchungen Rotondi's sein muß, so wenig läßt sich doch leugnen, daß in allen wesentlichen Punkten bereits von Friede dieselben Resultate erhalten worden sind.

Seifenfabrication in Amerika.¹⁾ — Die Seifenfabriken in den Vereinigten Staaten von Nordamerika sind unbedingt die großartigsten, welche es giebt. Apparate und Maschinen sind von hoher Vollkommenheit, die gewählten Fabricationsmethoden, sind die vorzüglichsten, welche wir kennen, die Kosten der Fabrication sind thunlichst gering, die Menge der erzeugten Seife ist die für die gegebene Zeit größtmögliche, die Seife selbst besitzt vorzügliche Eigenschaften. Da manche der verwendeten Einrichtungen auf dem Continente so gut wie unbekannt sind, so verlohnt es sich wohl, etwas über dieselben zu berichten. Als Hauptgrundsatz der amerikanischen Fabriken muß die Verdrängung der Handarbeit durch selbstthätig wirkende Maschinenarbeit mit Dampftrieb bezeichnet werden. Die

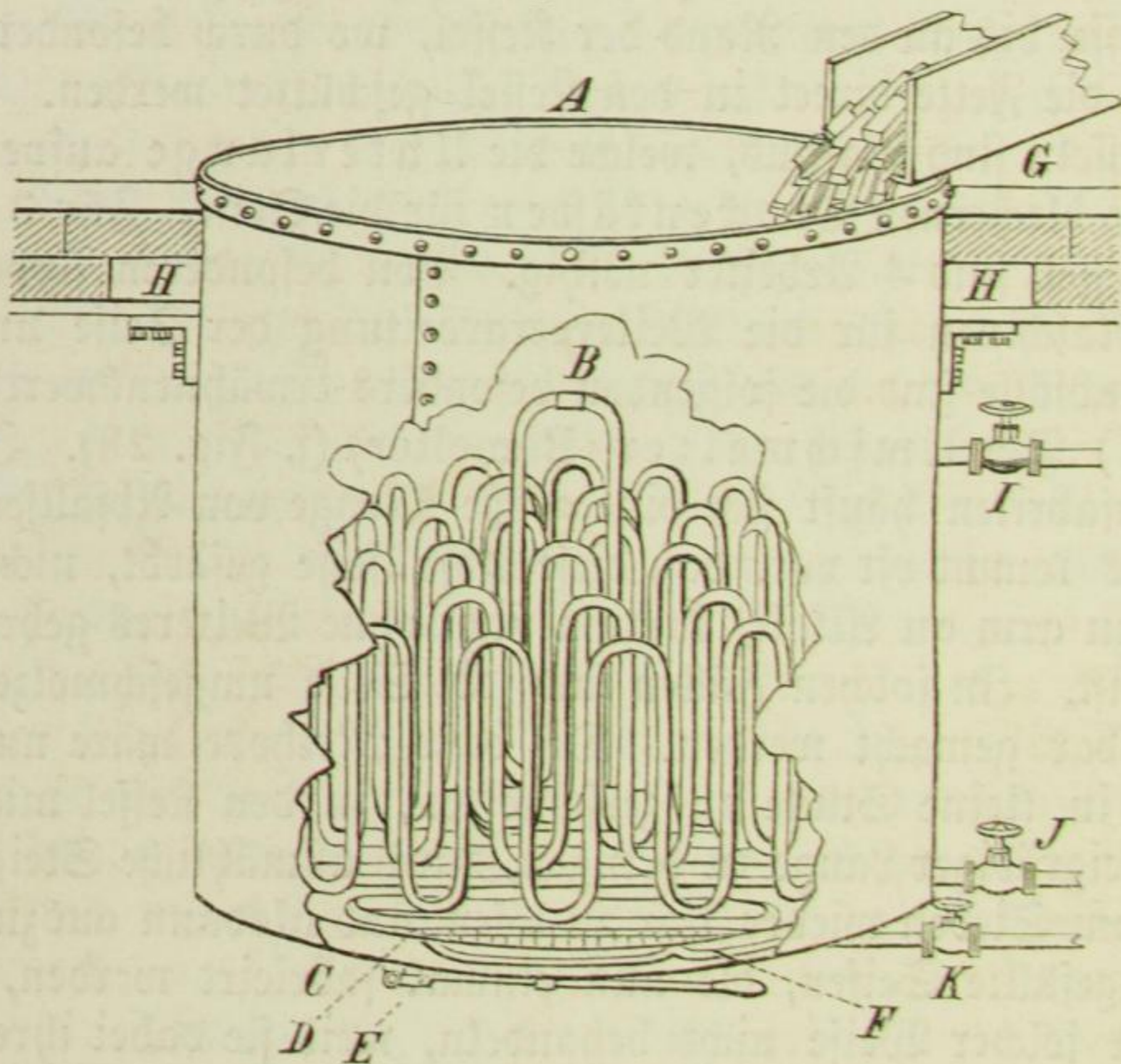
1) Savonnerie 1. 1885. p. 201. 207. 218 und A Technical Treatise on Soap and Candles by R. S. Cristiani, Philadelphia 1881. p. 243. 380 u. a. a. D.

Siedekessel werden direct oder indirect mit Dampf geheizt und sind außerordentlich groß, so daß ihr oberster Rand häufig in die Ebene des ersten, ja zweiten Stockwerks zu liegen kommt. Die gewöhnlichen Siedekessel fassen 1000—2000 hl; doch giebt es auch solche mit bis zu 4000 hl Fassungsraum. Neben den Siedekesseln befinden sich die Laugengefäße, welche gestatten, auf einmal 12 bis 20 Fässer Natriumcarbonat zu lösen. Unter denselben befinden sich andere Gefäße, welche bestimmt sind, die Lauge auf einen bestimmten Concentrationsgrad zu bringen. Von hier wird die Lauge durch Dampfpumpen in den Siedekessel gehoben. Mit Dampf betriebene Aufzüge befördern die Rohstoffe bis an den Rand der Kessel, wo durch besondere Apparate die Fette direct in den Kessel geschüttet werden. Unter den Kesseln sind Bassins, welche die Unterlauge aufnehmen, und die blechernen Trockenkästen für die Seife. Für 3 große Siedekessel sind 4 Arbeiter nöthig. Von besonderen Apparaten und Maschinen für die Weiterverarbeitung der Seife und der Seifenabfälle sind die folgenden besonders erwähnenswerth.

1) Der Umschmelzer (Remelter) (s. Fig. 28). In den Seifenfabriken häuft sich eine große Menge von Abfallseife an, und es kommt oft vor, daß diese Abfallseife gefärbt, nicht neutral, zu arm an Alkali, kurzum nicht ohne Weiteres gebrauchsfähig ist. In solchen Fällen muß die Seife umgeschmolzen und brauchbar gemacht werden. Die beste Methode wäre nun, die Seife in kleine Stücke zu zerschneiden, in den Kessel mit zwei- bis dreigrädiger Lauge zu bringen, durch allmähliche Steigerung bis zum Sieden wieder klar zu lösen und alsdann auszufalzen. Aber gefüllte Seifen, die nun einmal fabricirt werden, lassen sich in solcher Weise nicht behandeln, weil sie dabei ihre ganze Füllung verlieren. Diese muß man in den Umschmelzer bringen. Derselbe rührt von Whitaker her und wird von Gebrüder Hersey in Süd-Boston (Mass.) angefertigt. Er besteht aus einem blechernen Dampfmantel A, in welchem die Dampfschlangen B C angebracht sind. Wenig über dem Boden befindet sich das Gitter D, auf welches die Seife von G her aufgeschüttet wird. E ist die Entleerungsöffnung, F eine dünne Röhre zum Einlassen von directem Dampf, welcher durch das Gitter in die Seife gelangt. K ist der Einlaßhahn für F, während I der Einlaßhahn für indirecten Dampf und J der Ablaßhahn für

das Condenswasser ist. HH ist der Boden des Gebäudes. Beim Gebrauch füllt man die Seife in den Umschmelzer und bedeckt ihn mit einem Deckel. Nunmehr läßt man von KF her directen Dampf ein, bis die Seife zu schmelzen beginnt, stellt hierauf den directen Dampf ab und läßt durch I nach BC indirecten Dampf zu, während J geöffnet bleibt. Ist die Seife gleichmäßig verschmolzen, so schiebt man die Formkästen unter E, öffnet E und läßt die Seife in die Formkästen ab, in denen man sie, der besseren Mischung wegen, gut umrührt. Der Apparat faßt

Fig. 28.



über 450 kg Seife und kann 6—8 mal innerhalb eines Tages benutzt werden. Der Apparat läßt sich übrigens auch in der Toiletteseifenfabrication verwenden.

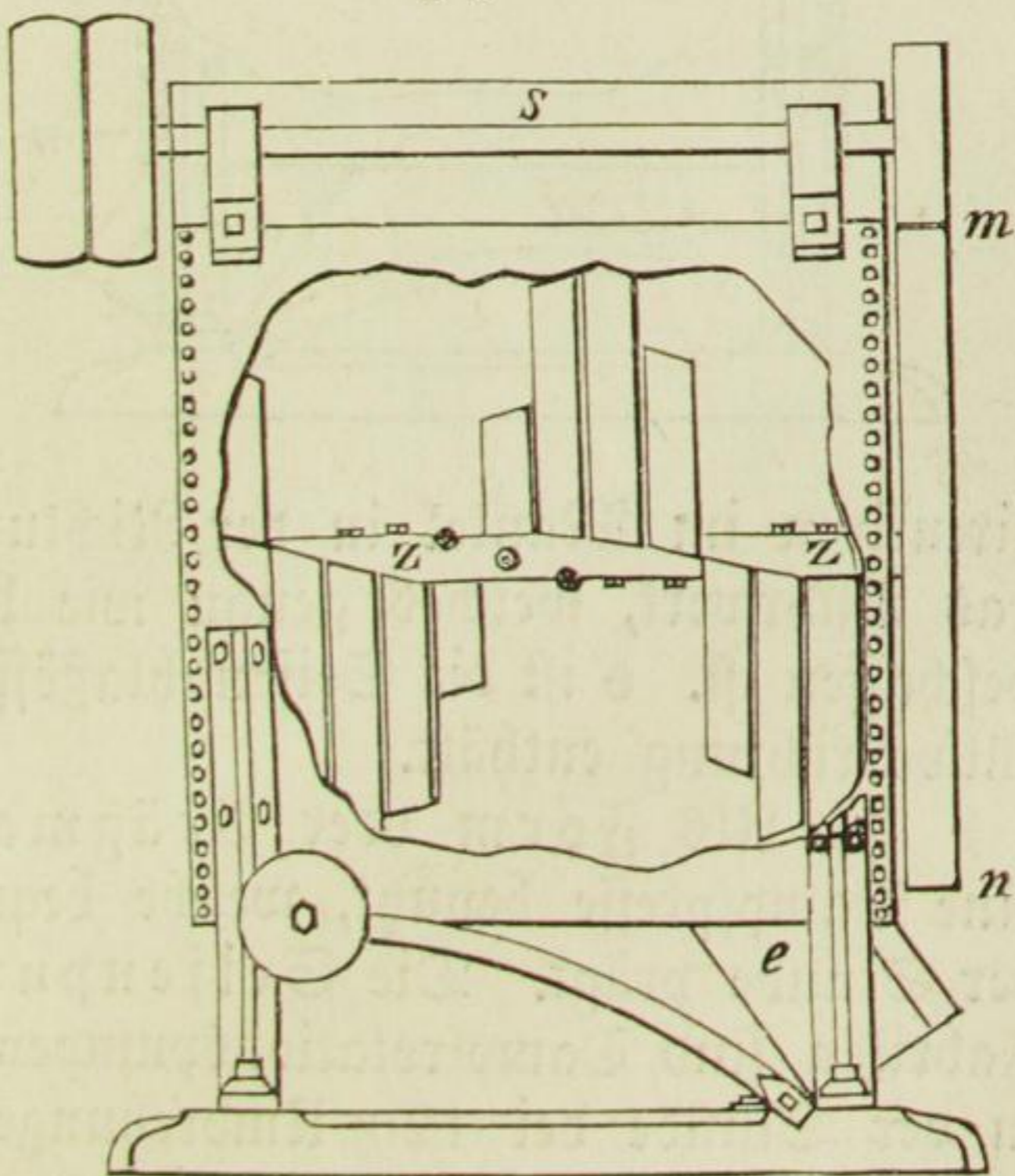
2) Die Formen (*mise* franz., *frame* engl.) bestehen aus Schwarzblechkästen auf Rädern und haben ungefähr 600 Lit. Fassungsraum. Soll der Siedekessel oder der Remelter entleert werden, so führt man die Formkästen unter die Entleerungsöffnung. Sobald eine Form gefüllt ist, gelangt sie in das Magazin und nach völligem Erkalten in den Arbeitsraum, wo die

Blöcke zerschnitten werden. Viele Fabriken besitzen zur leichten Bewegung der Formkästen ein Schienensystem.

3) Die Schneidmaschine besteht aus einem verticalen feststehenden und einem horizontalen in senkrechter Richtung beweglichen Rahmen. Diese Rahmen sind mit Drähten in entsprechenden Abständen überspannt. Nachdem der Block erkaltet ist, nimmt man die Wände der Form auseinander und schiebt den Block auf seiner beweglichen Unterlage durch den verticalen Schneiderahmen, worauf der horizontale den Block von oben nach unten schneidet. So entstehen je nach der Anordnung Kiegel oder Stücke. Der Apparat wirkt automatisch, die ganze Operation dauert etwa 30 Sekunden, in einer Stunde werden 50—100 Blöcke zu je 500—600 kg Gewicht verarbeitet. Die Maschine unterscheidet sich, wie man sieht, nicht wesentlich von den bei uns gebräuchlichen.

4) Misch- oder Knetmaschine (*mélangeur-agitateur* franz., *crutching machine* englisch). Diese Maschine ist von

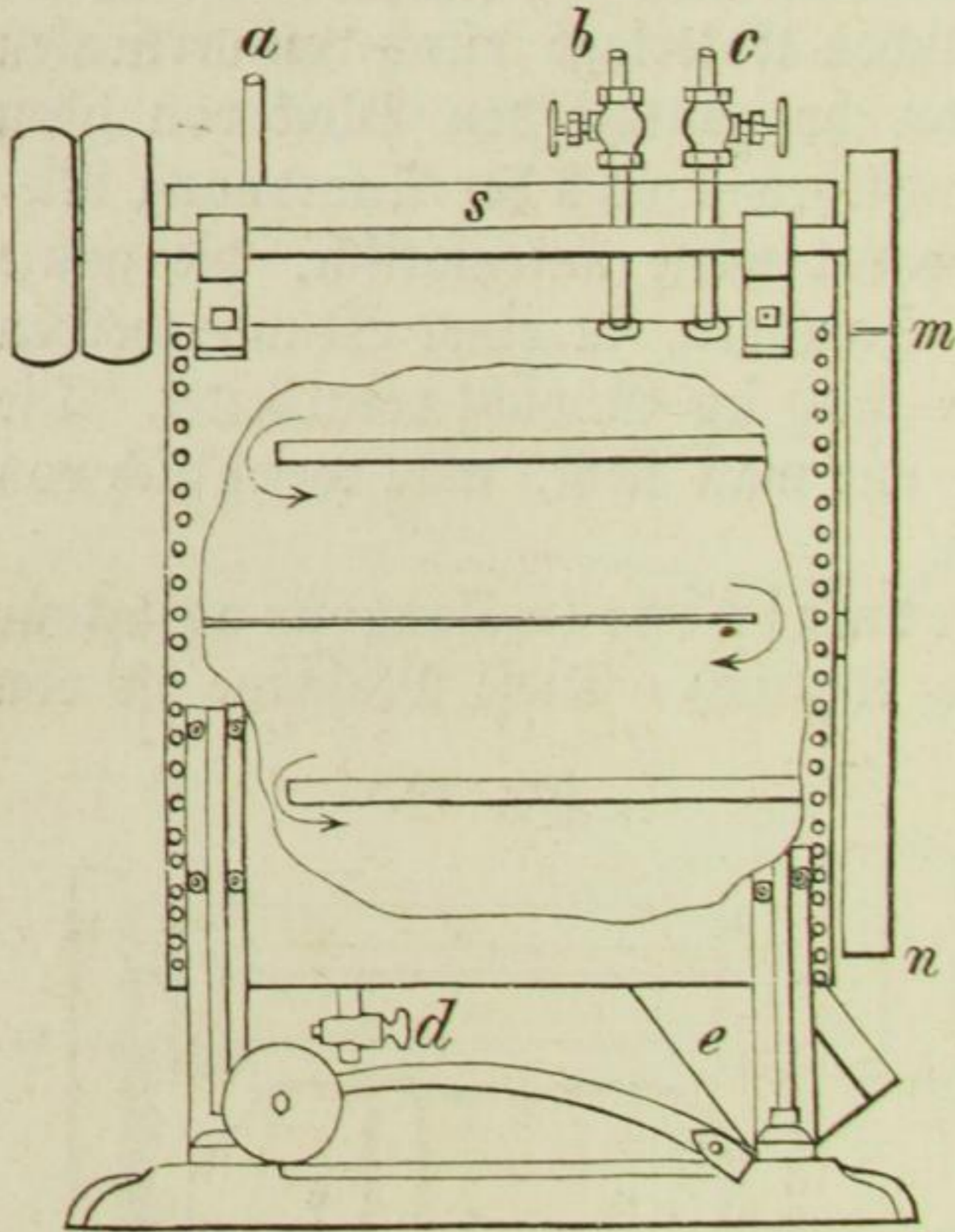
Fig. 29.



Stephen Strunz erfunden und wird von den Gebrüdern Hersey in Boston gebaut. Sie ist ebenso einfach in der Construction wie vorzüglich in der Wirkung. Die Zwecke, denen sie namentlich dient, sind die folgenden: Vermischung von Seifen mit Zusätzen, Verarbeitung der im Umschmelzer gewonnenen Seife, Vorbereitung der Zusätze, möglichst schnelle Fertigstellung gewisser Seifenarten. In letzter Hinsicht ist besonders die Herstellung von wohlfeilen Delsäureharzseifen zu nennen. Die Maschine existirt in zwei Formen. Die gewöhnliche Mischmaschine (siehe Fig. 29) besteht aus einem liegenden Cylinder mit Ein- und Ausfüllöffnung (s und e), in welchem sich ein

Rührwerk (z) mit schraubenförmig angeordneten Schaufeln befindet. Die Geschwindigkeit der Schaufelwelle soll 45—50 Umdrehungen in der Minute betragen. Dieses Rührwerk befördert auch die fertige Seife selbstthätig nach der Ausfüllöffnung. Die Maschine erfordert nur sehr geringe Kraft. Nach jeder

Fig. 30.



Benutzung muß die Maschine gereinigt werden. Die zweite Art der Mischmaschine (Figur 30) besitzt einen Mantel (daher Jacket Crutching Maschine), welcher sowohl zum schnellen Heizen, wie zum schnellen Abkühlen dient. Sie dient hauptsächlich zum Beimischen von Farben und Parfüms zu Toiletteseifen. b ist das Dampfzutrittsrohr (für Heizung), c das Wasserrohr (für Kühlung), a ist das Dampfaustrittsrohr und d das Wasserablaßrohr. Der Dampf oder das Wasser

circuliren im Mantel in der Richtung der Pfeile. mn treibt das Rührwerk, welches genau wie beim gewöhnlichen Mischer beschaffen ist. e ist die Seifenablaßöffnung, während s die Einfüllvorrichtung enthält.

5) Als Form oder Prägmachine wird gewöhnlich eine Dampfpresse benutzt, welche bequem 2000 Stück Seife in der Stunde prägt. Die Seifenpumpen der amerikanischen Fabriken sind Dampfsrotationspumpen und liefern 60 000 Lit. in der Stunde bei 120 Umdrehungen in der Minute.

Fabrication von Toiletteseifen.¹⁾ — Die größten Toiletteseifenfabriken besitzen Marseille und Liverpool. Großindustrie ist dieser Zweig der Seifenfabrication erst geworden,

1) Savonnerie 1. 1883. p. 5. 34. 50.

seit für ihn geeignete Maschinen erfunden worden sind. Ganz besonders wichtig war in dieser Beziehung das Jahr 1867 mit der Pariser Weltausstellung, auf welcher die Maschinen der Gebrüder Beyer in Paris allgemeiner bekannt wurden. Diese Maschinen setzten an Stelle der bisherigen Toiletteseifenfabrication auf nassem Wege diejenige auf trockenem Wege. Hierdurch war die Fabrication von handelsfähiger Toiletteseife von der Dauer mehrerer Wochen auf diejenige eines Tages gekürzt. Die frühere Art der Herstellung auf nassem Wege war vorwiegend Handarbeit. Die Seifenmasse wurde nach 2—3 Tagen noch feucht aus den Formen genommen und in Kiegel zerschnitten. Die Kiegel wurden in Spähne verwandelt und diese Spähne vermischte man mit Riech- und Farbstoffen aufs Innigste. Die erhaltene teigartige Masse schnitt der Arbeiter in Stücke von bestimmtem Gewichte, und diese Stücke trocknete man, bis sie nach 5—6 Wochen handelsfähig waren. Im Trockenraume mußten die Stücke übrigens häufig gewendet werden, was Handarbeit erforderte, und ferner veränderten die Stücke leicht ihre Form und verloren Riechstoffe, so daß mancherlei Verluste unvermeidlich waren.

Die Fabrication auf trockenem Wege hatte das Problem zu lösen, fast trockne Seife in Spähne zu verwandeln, die Spähne zu zerreiben, die so erhaltene Masse innig mit Farb- und Riechstoff zu mischen und endlich völlig homogene Blöcke oder Kiegel, sowie hieraus Stücke von gewünschter Form und Schwere möglichst schnell herzustellen. Dieses Problem lösten die Beyer'schen Maschinen. Die früh in diese Maschinen eingeführte Seifenmasse ist abends in fertige Toiletteseife verwandelt. Dies geschieht in folgender Weise.

Die rohe Seife gelangt in die *Hobelmaschine* (*le rabet rotatif*), welche eine oder zwei Scheiben mit Klingen enthält. Die Klingen sind abwechselnd glatt und gezahnt. Die Maschine liefert aus der fast trocknen Seife genügend dünne Spähne, welche nun in den Trichter der *Pilirmaschine* (*la broyeuruse*) gleichzeitig mit den Riech- und Farbstoffen gelangen. Die Pilirmaschine besteht aus 4 Granitcylindern, von denen zwei unten und zwei darüber liegen und die von unten nach oben zunehmenden Durchmesser haben. Der Trichter befindet sich zwischen der ersten und zweiten unteren

Walze. Die Walzen haben verschieden schnelle Bewegung, wodurch die Seife von Walze zu Walze bis zur obersten als Band durchgeht und von diesen durch einen stählernen Schaber abgekratzt und in den Trichter zurückgeworfen wird. Wie oft man denselben Einsatz durch die Walzen gehen läßt, hängt von der Natur der Mischung ab. 30 kg Seifenmasse brauchen zum einmaligen Durchgang durch die Maschine 5 Minuten Zeit. Soll die Seife aus der Maschine herausbefördert werden, so drückt der Arbeiter auf einen Griff und schaltet so an Stelle des ersten zwei neue Schaber ein, von denen der eine glatt, der andere gezahnt ist. Der erste hebt die Masse ab, der zweite theilt sie in Bänder. Die Bänder gelangen automatisch in die Kiegeiform- oder Ballmaschine (*la boudineuse-péroteuse*). Dies ist die wichtigste der hier anzuführenden Maschinen für Toiletteseifenfabrication. Sie besteht aus einem hohlen gußeisernen Cylinder in der Form eines Drehungsparaboloïds. Der Cylinder befindet sich in einem Gehäuse auf gußeisernem Sockel. Im Hohlraum des Cylinders ist eine archimedische Schraube von parabolischer Form und fortschreitender Bewegung angebracht. Wird die Schraube durch einen im Gehäuse angebrachten Mechanismus langsam in Bewegung gesetzt, so wird die Seifenmasse zusammen-, die in ihr enthaltene Luft ausgepreßt und die Masse durch gleichmäßigen und energischen Druck aus einem Bronzemundstücke herausgedrückt. Das Mundstück besitzt einen Mantel, durch welchen warmes Wasser fließt; auch sind an ihm verstellbare Schneidewerkzeuge angebracht, so daß man Kiegel und Stücke von verschiedenem Querschnitt und verschiedenem Gewichte erhalten kann. Diese Kiegel und Stücke sind fest, sauber und glänzend von Ansehen. Die Seifenstücke gelangen nun in die Dampfpresse, wo die Stücke geprägt und gestempelt werden. Bei Verwendung der sämtlichen Maschinen kann man täglich bis zu 10 000 Stück Toiletteseife fertig stellen.

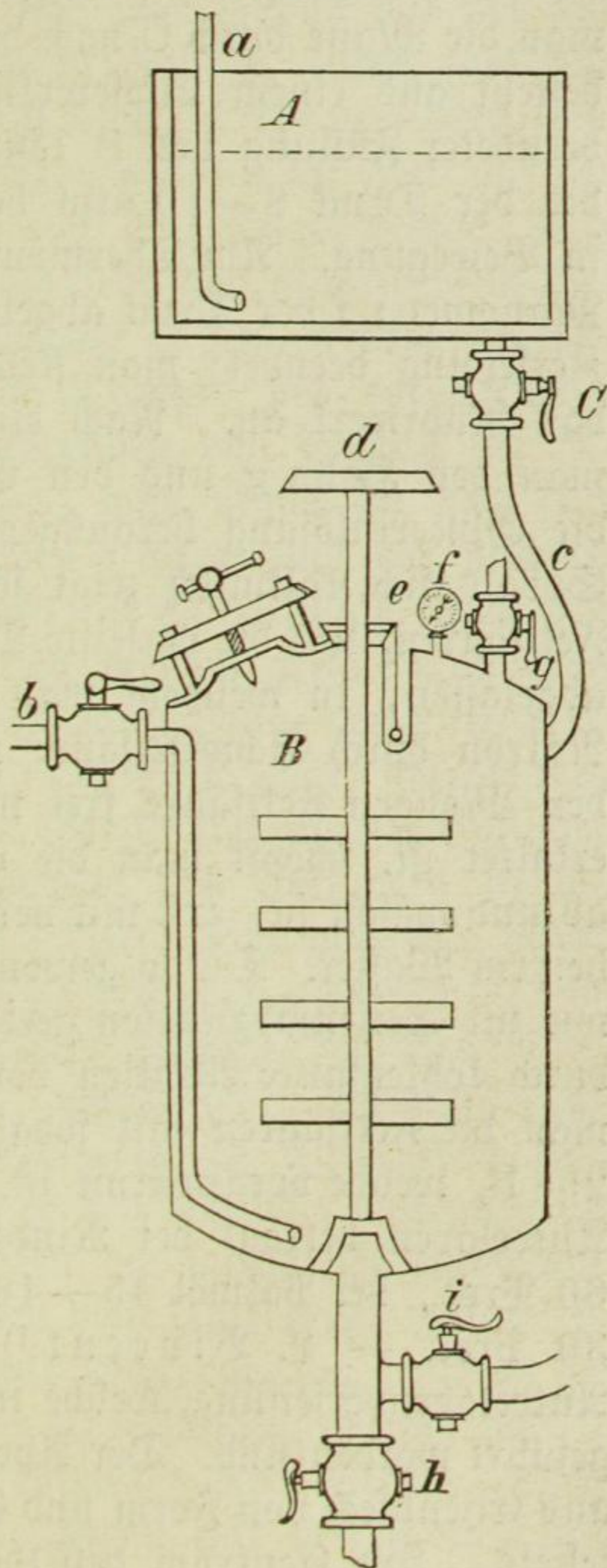
Verseifung der Fette in Autoclaven. — Wie schon S. 336 angeführt wurde, ist die vortheilhafteste Ausnutzung der Fette diejenige, bei welcher man zunächst dieselben in Fettsäuren und Glycerin zerlegt und erst die freien Fettsäuren in Seifen verwandelt. Vielsach wird zu genanntem Zwecke gegenwärtig das Fett in Autoclaven verseift, bezüglich zerlegt.

H. Heffel (D. = R. = P.)¹⁾ bringt z. B. folgenden Apparat in Vorschlag. In einen stehenden Cylinder werden die geschmolzenen Fette bis etwa zur Hälfte der Höhe eingelassen. Am Bo-

den des Cylinders ist ein kreisförmiges Siebrohr angebracht, durch welches man Dampf eintreten läßt, welcher nun das Fett durchstreicht. Ist der Druck bis ungefähr auf 10 atm gestiegen, so giebt man heißes Wasser zu, bis der Cylinder zu $\frac{3}{4}$ angefüllt ist. Im Centrum des Cylinders befindet sich bis auf den Boden reichend ein Rohr, an welchem eine Pumpe derartig wirkt, daß das Wasser vom Boden des Cylinders immer nach oben gehoben und von oben durch einen Vertheiler wieder über das Fett ergossen wird. Ist endlich eine Emulsion des Fettes im Wasser entstanden, so stellt man Pumpe und Dampfzutritt ab und überläßt die ganze Masse eine Zeit lang der Ruhe. Die Zersetzung der Fette ist jetzt beendet; vom Boden läßt man die Glycerinlösung abfließen, während die Fettsäuren durch den im Inneren des Apparates herrschenden Druck durch ein besonderes Rohr herausgepreßt werden und direct in die erhitzte Alkalilauge fließen.

Einen etwas anderen Apparat benutzt die Seifen- und Kerzenfabrik in Stettin²⁾ (s. Fig. 31). Die Fette wer-

Fig. 31.



1) Dingl. p. J. 249. 1883. S. 123.

2) Savonnerie 1. 1883. p. 67. 82. 93. 100.

den durch von a her eingelassenen Dampf in A geschmolzen, unter Zusatz von 10 Proc. Wasser, Kalkmilch (mit 3 Proc. CaO) und Natronlauge (10° B), so daß auf 100 kg Fett 1 Proc. Na₂O kommt. Kalkmilch und Natronlauge sollen den Proceß der Fettzersetzung beschleunigen. Nach etwa 1 1/2 Stunden läßt man die Masse durch C nach dem Autoclaven B ab. Der letztere besteht aus einem Kupfercylinder mit Rührvorrichtung. Nach beendeter Füllung von B läßt man durch b Dampf eintreten, bis der Druck 8—10 atm beträgt, und setzt das Rührwerk d in Bewegung. Am Thermometer e wird die Temperatur, am Manometer f der Druck abgelesen. Nach 4—5 Stunden ist die Zersetzung beendet; man stellt den Dampfzutritt ab und hält das Rührwerk an. Nach einer Stunde völliger Ruhe öffnet man den Hahn g und den Entleerungshahn h. Zuerst wird die Glycerinlösung herausgepreßt und gesondert angesammelt. Sobald sich Kalkmilch zeigt schließt man h und öffnet i. Die Fettsäuren, wie die verseifte Masse werden in ein Sammelgefäß abgelassen, in welchem man die geringen Mengen Kalk und Natron durch Schwefelsäure neutralisirt, resp. die entsprechenden Mengen Fettsäure frei macht. Nachdem die ganze Masse erkaltet ist, schöpft man die oben aufschwimmenden Fettsäuren ab und wäscht sie, erst mit verdünnter Schwefelsäure, dann mit heißem Wasser. Die so gewonnenen Fettsäuren sind zur Kerzen- wie zur Seifenfabrication geeignet; in Seife lassen sie sich auch durch kohlensaure Alkalien verwandeln. Gewöhnlich behandelt man die Fettsäuren mit sodahaltiger Natronlauge von 20 bis 25° B, welche vorgewärmt ist. Die Ausbeute an Fettsäure in Autoclaven beträgt bei Rindstalg 46 Proc., bei Hammeltalg 60 Proc., bei Palmöl 45—46 Proc. und bei Olivenöl 28 bis 30 Proc. — L. Vincent¹⁾ berichtet über die Versuche der Autoclavenverseifung, welche in der Fabrik von Th. Roux ausgeführt worden sind. Der Apparat besteht in einem Autoclaven aus Eisenblech von Form und Größe eines gewöhnlichen Dampfkessels. Im Centrum desselben befindet sich die Welle eines Rührwerks mit schaufelförmigen Rührscheiten, welche in der Minute 80—100 Umdrehungen macht. An der Peripherie des Autoclaven liegt ein Schlangenrohr für indirecte Dampfheizung,

1) Seifenfabrikant 5. 1885. S. 604. 618. 626.

während zur schnellen Erhitzung ein mit Hahn versehenes Rohr für Zuleitung von directem Dampf aus einem Dampfkessel dient. Ungefähr 1 m über dem Autoclaven befindet sich ein großer Cylinder, welcher einen verticalen Rührer mit schraubenförmigen Schaufeln besitzt. Der Cylinder hat zwei Hähne mit bis auf den Boden des Autoclaven gehenden Röhren, einen zum Ablassen der Laugen, den anderen zum Ablassen des verseiften Fettes. Man füllt in den Apparat 2000—3000 kg Fett mit der zur Verseifung nöthigen Menge von 21 grädiger Lauge, heizt dann durch die Dampfsschlange und setzt das Rührwerk in Bewegung. Sobald ein bestimmter Druck (1 kg) erreicht ist, öffnet man den Hahn für directen Dampf, bis der Druck 3 bis 3.5 kg beträgt. Nach 2 1/2 Stunden von Beginn der Arbeit an ist die Verseifung beendet; man öffnet die nach dem oben genannten Cylinder führenden Hähne, und der noch im Autoclaven herrschende Druck preßt die ganze Masse nach dem Cylinder. Der Autoclav wird von Neuem gefüllt und durch den unteren Hahn des Cylinders die ganze Lauge der ersten Operation in ihn abgelassen. Sobald sich Seife zeigt, schließt man den Hahn und giebt concentrirte Salzlösung in den Cylinder, indem man gleichzeitig das Rührwerk des Cylinders in Bewegung setzt. Nach einer halben Stunde läßt man das Rührwerk wieder stehen; die Seife scheidet sich oben aus und die salzhaltige Unterlauge wird in besondere Gefäße, die Seife durch einen besonderen Hahn in einen gewöhnlichen Siedekessel abgelassen. Inzwischen ist die Verseifung im Autoclaven beendet; man läßt seinen Inhalt sich in den Cylinder entleeren und setzt jetzt nicht Salzlösung, sondern die salzhaltige Unterlauge der ersten Operation zu. Nachdem diese Unterlauge dreimal benutzt wurde, enthält sie hinreichend Glycerin, um letzteres daraus zu gewinnen. Die salzfreien Unterlaugen, welche man zuerst aus dem Cylinder abließ, enthalten noch Alkali. Dieses beseitigt man, indem man diese Laugen mit der ihrem Alkali-gehalt entsprechenden Menge Fett von neuem in den Autoclaven giebt. Nach kurzer Zeit ist alles ätzende Alkali zur Verseifung verwendet und die jetzt abgelassenen Laugen enthalten nur noch wenig kohlensaures Alkali. Auch den salzhaltigen Laugen kann man ihr Alkali durch Fette entziehen, nur muß man hier Tresteröle anwenden, da diese trotz der vorhandenen Salz-

mengen in Folge ihres Gehalts an freien Fettsäuren das Alkali binden. Die Vorzüge dieses Verfahrens sind offenbar: schnelle Arbeit, völlige Ausnutzung des Alkalis, Erzeugung von sehr reinen Unterlaugen.

Diese letzteren neutralisirt man durch Salzsäure, wodurch die organischen Substanzen zur Ausscheidung gelangen. Man decantirt und dampft sie mit dem (Seite 338 beschriebenen) Drouz'schen rotirenden Cylinder bis 36° B ein. Das Kochsalz scheidet sich aus und wird behufs erneuter Verwendung gesammelt. Die jetzt erhaltene Glycerinlösung ist frei von Schwefelverbindungen und bedarf nur noch einer einzigen Destillation im Vacuum, um reines Glycerin zu liefern.

Die aus dem Cylinder abgelassene Kernseife enthält 57 Proc. Fettsäure, 6.5 Proc. Alkali und 36.5 Proc. Wasser, hat also die gewöhnliche Zusammensetzung der glattweißen Seifen des Handels. Man hat nur noch für das entsprechende Ansehen und genügende Consistenz zu sorgen, weshalb man sie z. B. für weiße Seife noch 2 Stunden mit einer verdünnten salzhaltigen Lauge versiedet und schleift.

Bei der Autoclavenverseifung erspart man viel Zeit und ungefähr 30 Proc. an Brennmaterial; man vermeidet Verlust an Alkali fast vollständig und kann das Glycerin nutzbar gewinnen (bei jährlicher Verarbeitung von 1 000 000 kg Fett würde sich durch das Glycerin ein Reingewinn von etwa 26000 Mk. ergeben); endlich ist die Ausbeute an Seife zwar etwas geringer, als bei dem gewöhnlichen Verfahren des Seisensiedens, dafür aber die Seife auch viel reiner und also von entsprechend höheren Handelswerth.

Greene's Verfahren, Del und Eiweißstoffe aus Getreidekörnern zu gewinnen.

Ueber diesen Proceß verdanken wir der Liebenswürdigkeit des Secretärs vom Franklin-Institut in Philadelphia, Herrn W. H. Wahl, die folgenden Mittheilungen, die wir unsern Lesern nicht vorenthalten wollen. — Bei der Stärk fabrication wird das Getreidekorn in Wasser eingeweicht und bei einer Temperatur erhalten, welche die Gährung und Fäulniß begünstigt. Durch die Gährung wird das Zellgewebe gelockert und das

Stärke Korn freigelegt. Um den Vorgang zu beschleunigen setzen die meisten Fabriken eine geringe Menge Natrium zu, während andere zur Lösung der Zellsubstanz den Gebrauch von verdünnter Schwefelsäure vorziehen. Nach 24 bis 40 stündigem Stehen werden die eingeweichten Körner durch Mahlen in einen Brei verwandelt. Diesen Brei läßt man durch Siebe gehen, wäscht nach und läßt endlich absitzen. So erhält man die Stärke, deren Waschwasser die löslichen Bestandtheile des Kornes (Gummi, Zucker, Eiweiß, Glutin u. s. w.) gelöst, die Fette und Harze des Kornes aber in Emulsion halten. Außerdem ist der Flüssigkeit noch Zellsubstanz und andere unlösliche Masse beigemischt. Auf diese milchig getrübe Flüssigkeit will nun F. B. Greene das folgende Verfahren anwenden. Zur Flüssigkeit giebt man geringe Mengen einer Lösung von schwefelsaurem Ammon, wodurch die Eiweißstoffe zum größten Theil unlöslich gemacht werden. Indem sie gerinnen, hüllen sie gleichzeitig die Fette und gröbere mechanisch beigemischte Theilchen ein, welche so mit dem Eiweiß zum Absitzen gelangen. Die überstehende Flüssigkeit ist meist klar. Der Niederschlag wird durch Filtriren und Abpressen von der Flüssigkeit getrennt und bildet nach dem Trocknen ein graues grobes Pulver. Dies ist das von Greene angestrebte Nebenprodukt der Stärkefabriken. Aus ihm läßt sich durch Auspressen oder Ausziehen mit Benzin, Schwefelkohlenstoff u. s. w. das Del gewinnen. Der erschöpfte Rückstand ist seines Stickstoffgehaltes wegen ein gutes Düngemittel, in welchem 4.26 bis 4.75 Proc. Stickstoff gefunden wurden und dessen Stickstoffgehalt sich durch vervollkommnete Arbeitsweise vielleicht bis auf 8 Proc. erhöhen ließe. Die Menge des gewonnenen Dels beträgt $\frac{1}{10}$ vom getrockneten Niederschlag. Das Del ist im rohen Zustande dunkel gefärbt, läßt sich aber bleichen. Nach Beseitigung des Geruchs vom Extractionsmittel riecht das Del sehr angenehm und würde dasselbe ohne Zweifel ein gutes Material für die Seifenfabrication bilden. Der ganze Proceß soll auch auf die Rückstände von Brennereien und Essigsfabriken angewendet werden können. Das Mißlichste bei dem Verfahren dürfte das Trocknen des dicken teigartigen Niederschlags sein. Aber jedenfalls bietet der Proceß ein werthvolles Mittel, die Waschwasser und Abwässer der Stärkefabriken, die sonst so leicht durch Fäulniß zur öffentlichen Belästigung führen, zu desin-

ficiren und zu reinigen, wobei es auf den mehr oder minder großen Nutzen, den man aus dem erzeugten Niederschlage ziehen kann, gar nicht ankäme.

Salicylsäure.

Die Salicylsäure (siehe Jahrb. 11. 1875 S. 363) wurde 1838 durch Piria als Produkt des Lebens gewisser Pflanzen, wie z. B. der Weide (*salix*) entdeckt. Gerhardt und Cahours erhielten sie 1844 aus Wintergrün (*Gaultheria procumbens*) und A. Mandelin fand sie und ihre Homologen in verschiedenen Violaceen. A. B. Griffiths und E. C. Conrad¹⁾ haben ihr Auftreten im Gartenstiefmütterchen studirt und festgestellt, daß sie sich hauptsächlich in den Blättern desselben findet (0.133%), wahrscheinlich im gelösten Zustande. Bekanntlich gelang es im Jahre 1859 H. Kolbe, eine Synthese der Salicylsäure durchzuführen. Kolbe ging von der Ansicht aus, die Salicylsäure sei Phenylkohlenensäure; er ließ daher Natrium auf Phenol einwirken, durch welches gleichzeitig ein Strom von Kohlensäure geleitet wurde. In der That entstand die gesuchte Säure, und zwar, wie Kolbe annahm, durch Vereinigung der drei Stoffe unter Entbindung von Wasserstoff: $\text{Na} + \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{CO}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{OHCO}_2\text{Na} + \text{H}$. Es ergab sich aber bald (1860), daß bei dieser Reaction neben salicylsäurem Natrium in noch größerer Menge phenylkohlen-säures Natrium entstand, das Salz der isomeren Säure, nämlich $\text{CO}(\text{ONa})(\text{OC}_6\text{H}_5)$. Erst 14 Jahre später, nämlich im Jahre 1874 fand Kolbe, daß auf 100° erhitztes Phenolnatrium durch trockne Kohlensäure unter Phenolabspaltung in neutrales Natriumsalicylat umgewandelt wird: $2 \text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{CO}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{ONaCOONa} + \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$. Durch diese Darstellungsweise der Salicylsäure wurde überhaupt erst ihre fabrikmäßige Gewinnung ermöglicht, welche gegenwärtig von der chemischen Fabrik von v. Heyden in Kaddebeul bei Dresden bewirkt wird. Aber die volle Einsicht in den Verlauf der Reaction stand noch immer aus. Den wichtigsten Beitrag zur Kenntniß der Kolbe'schen Salicylsäuresynthese lieferte K. Schmitt, aus dessen interessanter und inhaltsreicher Abhandlung²⁾ die vorhergehen-

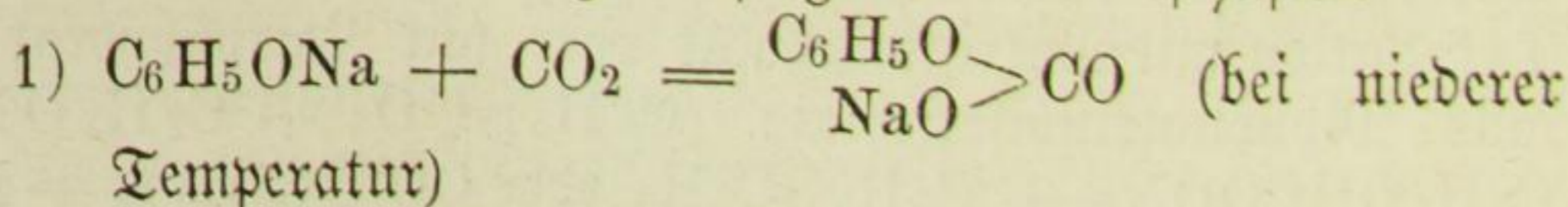
1) Chemical News. 50. 1885. p. 102.

2) J. f. p. Ch. (N. F.) 31. 1885. S. 397.

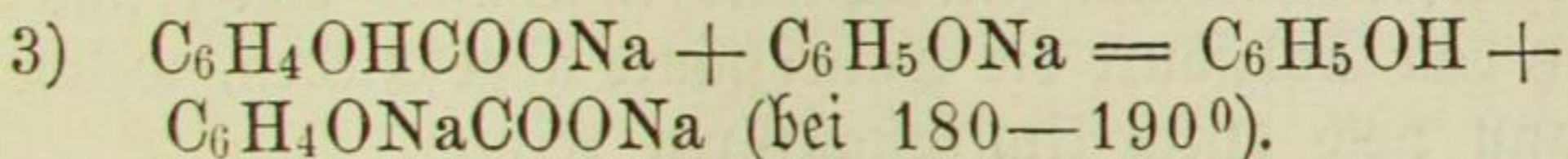
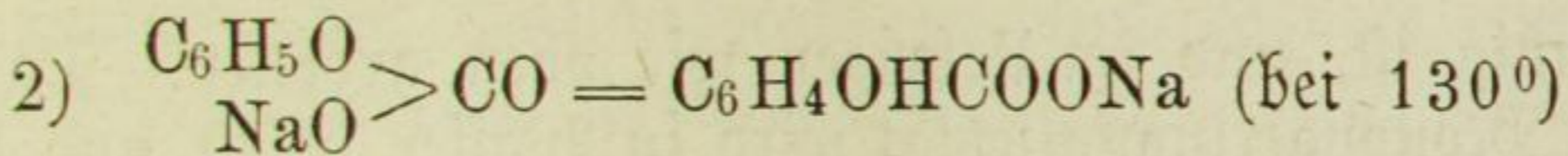
den wie die folgenden Notizen entnommen sind. R. Schmitt, suchte zunächst die Ansicht von E. Baumann zu begründen oder zu widerlegen, welche dahin ging, daß bei der Einwirkung von Kohlensäure auf Phenolnatrium zunächst phenylkohlensaures Natrium entstehe, welches sich bei höherer Temperatur in salicylsaures Natrium (saurer) durch moleculare Umlagerung verwandle; daß ferner die thatsächlich eintretende Bildung von neutralem salicylsaurem Natrium (Dinatriumsalicylat) erst einer secundären Einwirkung von im Phenolnatrium enthaltenen Natriumhydroxyd auf des Mononatriumsalicylat und des hierbei sich bildenden Wassers auf das phenylkohlensaure Natrium zu verdanken sei: $C_6H_5ONa + CO_2 = CO(ONa)(OC_6H_5)$; $CO(ONa)(OC_6H_5) = C_6H_4OHCOONa$; $C_6H_4OHCOONa + NaOH = C_6H_4ONaCOONa + H_2O$; $CO(ONa)(OC_6H_5) + H_2O = C_6H_5OH + CO(OH)(ONa)$.

Die Begründung dieser Ansicht gelang Baumann nicht, weil er das phenylkohlensaure Natrium nicht darzustellen vermochte. Auch die in dieser Richtung angestellten Versuche von W. Hentschel waren nicht beweiskräftig, wenn sie auch zu einer verbesserten Darstellung des Diphenylcarbonats und zur Umsetzung dieses Esters beim Erhitzen mit Natriumäthylat oder Phenolnatrium in einfach salicylsaures Natrium führten. (Hentschel leitete in eine Lösung von Phenolnatrium in absolutem Alkohol trockne Kohlensäure und erhielt einen Krystallbrei, der wahrscheinlich aus gleichen Molekülen phenyl- und aethylkohlensaurem Natrium bestand und im trocknen Zustande mit Phenolnatrium erhitzt Salicylsäure lieferte. Beim Einleiten von Chlorkohlenoxyd in eine wässrige Lösung von Phenolnatrium entstand Kohlensäurephenylester, der sich ebenfalls leicht in Salicylsäure überführen ließ. Dasselbe gilt von Phenylkohlensäureäthylester, welcher mit Phenolnatrium einfach salicylsaures Natrium und Phenetol liefert: $CO(OC_6H_5)(OC_2H_5) + C_6H_5ONa = C_6H_4OHCOONa + C_6H_5OC_2H_5$. Der Kohlensäurephenylester oder das Diphenylcarbonat liefert bei der Destillation mit Natriumäthylat oder mit Natronhydrat ebenfalls Mononatriumsalicylat: $(C_6H_5)_2CO_3 + C_2H_5ONa = C_6H_4OHCOONa + C_6H_5OC_2H_5$ oder $CO(OC_6H_5)_2 + NaOH = C_6H_4OHCOONa + C_6H_5OH$. Auf das letztere Verfahren hat Hentschel ein Patent erhalten. Uebrigens sind die che-

mische Fabrik, vormal's Hoffmann und Schoetensack, in Ludwigshafen und die chemische Fabrik auf Actien, vormal's F. Schering, in Berlin zu der Ansicht gelangt, daß bei dem Hent'schen Verfahren das Dinatriumsalicylat entstehe. Beide Fabriken haben an dem genannten Verfahren auch Verbesserungen vorgenommen.¹⁾ R. Schmitt machte dagegen directe Versuche, welche in klarer Weise die Unhaltbarkeit des zweiten Theils der Baumann'schen Ansicht darlegten. Er stellte hierauf Versuche an, reines phenylkohlen-saures Natrium zu erhalten, was ihm denn auch gelang, als er chemisch reines und absolut trocknes Phenolnatrium 2—4 Wochen lang der Einwirkung von absolut trockner Kohlensäure bei gewöhnlicher Temperatur aussetzte. Das phenylkohlen-saure Natrium $\text{CO}(\text{OC}_6\text{H}_5)(\text{ONa})$ ist gegen Wasser äußerst empfindlich und entwickelt damit sofort unter Abscheidung von Phenol Kohlensäure; und zwar erfolgt die Zersetzung nach folgender Gleichung: $2\text{CO}(\text{OC}_6\text{H}_5)(\text{ONa}) + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{CO}(\text{OH})(\text{ONa}) + \text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$. Erhitzt man das phenylkohlen-saure Natrium in einer zugeschmolzenen Röhre einige Stunden auf $120-130^\circ$, so wird dasselbe quantitativ in Mononatriumsalicylat umgewandelt. Es ist hierdurch also die Richtigkeit des ersten Theils der Ansicht von Baumann, daß nämlich bei der Kolbe'schen Synthese der Salicylsäure sich primär phenylkohlen-saures Natrium bilde, bewiesen. Auch erklärt sich nun leicht, warum im Anfange der Operation bei niederer Temperatur die Kohlensäure vom Phenolnatrium so schnell absorbiert wird: es ist die Periode der Bildung von phenylkohlen-saurem Natrium. Vollständig wird jedoch das Phenolnatrium nicht in jenes Salz umgewandelt. Beim Steigern der Temperatur bis 130° entsteht ohne Phenolabspaltung alsdann Mononatriumsalicylat, und, wie R. Schmitt experimentell nachgewiesen hat, erst bei höherer Temperatur ($180-190^\circ$) bildet sich durch Einwirkung von Phenolnatrium auf Mononatriumsalicylat das Dinatriumsalicylat. Mithin verläuft die Kolbe'sche Salicylsäure-darstellung in folgenden drei Phasen:



1) J. f. p. Ch. (N. F.) 27. 1883. S. 39. — Dingl. p. J. 250. 1883. S. 427. — 253. 1884. S. 302. — 254. 1884. S. 231.



War so in klarer und befriedigender Weise der Vorgang der Salicylsäurebildung wissenschaftlich erklärt, so folgte hieraus für die praktische Ausführung des Processes, daß dieselbe künftighin aus 1 Mol. Phenalnatrium (nicht wie bisher 2 Mol.) und 1 Mol. Kohlensäure 1 Mol. Mononatriumsalicylat zu erzeugen im Stande sein müsse. Da galt es aber, in schnellerer Weise das phenylkohlen-saure Natrium herzustellen, als dies im Kleinen bisher möglich war. Auch hier gelang es R. Schmitt, den richtigen Weg zu finden. Das absolut trockene Phenolnatrium wird in einen Autoclaven gebracht und etwas mehr als die nöthige Menge Kohlensäure eingepumpt. Der Autoclav wird verschlossen und öfter umgeschüttelt, und nach kurzer Zeit ist das Phenolnatrium in phenylkohlen-saures Natrium verwandelt. Wegen der hierbei eintretenden nachtheiligen Erwärmung muß man den Apparat kühlen. Nach beendeter Reaction erhitzt man den Autoclaven einige Stunden auf $120\text{—}160^\circ$ und erhält so das Mononatriumsalicylat. 116 g Phenolnatrium absorbirten 42 g (statt 41) Kohlensäure und aus 199 g Phenolnatrium wurden 228 (statt 332) g Salicylsäure gewonnen. Es ist zu diesem Prozesse also gerade bloß die Hälfte Natriumhydroxyd und Phenol nöthig wie beim alten.

Das so günstige Verfahren ist auch bereits, und zum Theil mit weiteren Vervollkommnungen, seinem Erfinder R. Schmitt patentirt und von v. Heyden in die Praxis mit Erfolg eingeführt worden¹⁾. Die Phenolate der Alkalien oder Erdalkalien werden scharf getrocknet in einen Hochdruckkessel eingefüllt. Man pumpt so lange unter guter Kühlung des Kessels trockne Kohlensäure ein, bis sich das phenylkohlen-saure Salz gebildet hat. Alsdann verschließt man den Kessel, während in ihm noch Kohlensäureüberdruck herrscht, überläßt die Masse einige Stunden sich selbst und erhitzt den Kessel dann in einem Luftbade auf $120\text{—}140^\circ$. Statt Kohlensäure einzupumpen, kann man noch einfacher so viel flüssige oder besser feste Kohlensäure zugeben,

1) Dingl. p. J. 255. 1885. S. 259.

als nöthig ist, und im Uebrigen wie oben arbeiten. Das gebildete Mononatriumsalicylat wird in Wasser gelöst und durch Zusatz von Salzsäure die Salicylsäure abgeschieden, welche man alsdann noch durch Umkrystallisiren reinigt.

Bemerkt sei noch, daß M. Schröder¹⁾ durch Erhitzen eines Gemisches gleicher Moleküle Phenolnatrium und Soda in Kohlenoxydatmosphäre auf 200° nach der Gleichung $C_6H_5ONa + Na_2CO_3 + CO = C_6H_4ONaCOONa + HCOONa$ ebenfalls Dinatriumsalicylat, allerdings im Gemisch mit Ameisensäurem Natrium erhalten hat.

Anilinschwarz.

Ueber Anilinschwarz finden sich bereits in diesem Jahrbuch im 1. Bd. S. 350, 2. Bd. S. 326, 6. Bd. S. 395 und 20. Bd. S. 398 Mittheilungen, auf welche wir hier verweisen und an welche die folgenden Referate über neuere auf Anilinschwarz bezügliche Untersuchungen, Darstellungsmethoden u. s. w. sich anschließen. In erster Linie sei der Untersuchungen von L. Liechi und W. Suida über diesen interessanten Körper gedacht, welche geeignet erscheinen, über seine Constitution Licht zu verbreiten²⁾. Die Verfasser stellten sich ein reines Anilinschwarz ohne Mitwirkung eines Metallsalzes in folgender Weise dar. Schwefelsaures Anilin wurde im feuchten frisch gefällten Zustand in eine gesättigte Lösung von chlorsaurem Baryum eingetragen und damit bis zu vollendeter Umsetzung geschüttelt: $Ba(ClO_3)_2 + (C_6H_5NH_2)_2 H_2SO_4 = BaSO_4 + 2C_6H_5NH_2, HClO_3$. Die klare neutrale Lösung wurde abgegossen und in verschlossenem Gefäße aufbewahrt. Sie lieferte nach einiger Zeit farblose prismatische Krystalle von chlorsaurem Anilin, welche sich beim Liegen in Luft direct in Anilinschwarz (auch Emeraldin genannt) verwandelten. Hierbei vollführt offenbar die Chlorsäure die Oxydation indem sie sich selbst reducirt. Beim Erwärmen geschieht die Oxydation explosionsartig. Das Anilinschwarz behält die Krystallform des chlorsauren Anilins bei, ist aber schwarzblau und stahlglänzend. Zwischenprodukte waren bei der Reaction nicht nachweisbar, und mithin ist die

1) Lieb. Ann. 221. 1883. S. 34.

2) Dingl. p. J. 254. 1884. S. 265.

Umwandlung des Anilinchlorats in Anilinschwarz eine glatt verlaufende Umsetzung. Nach dem Auslaugen des Produkts mit Salzsäure, Alkohol, Aether und verdünnter Kalilauge hinterblieb reines salzsaures Emeraldin von der Formel $C_{18}H_{15}N_3HCl$. Die einfachste Formel des freien Anilinschwärzes wäre also C_6H_5N , woraus hervorgeht, daß 1 Mol. Anilin bei Umwandlung in Anilinschwarz 2 At. Wasserstoff verliert.

Wenn oben das Anilinschwarz als Chlorhydrat formulirt ist, so entspricht dies der Ansicht von Nieski; wahrscheinlich ist dieselbe aber nicht richtig, sondern wir haben vielmehr im Anilinschwarz ein Chloremeraldin $C_{18}H_{14}ClN_3$ zu suchen. Wenigstens läßt sich in ihm in keiner Weise, selbst nicht durch $AgNO_3$, Salzsäure nachweisen, und sein Chlorgehalt geht in alle seine Derivate mit über.

Das sogenannte unvergrünliche Anilinschwarz ist nach Nieski ein Emeraldinchlorid. Suida und Liechi sind dagegen überzeugt, daß es ein oxydirtes Anilinschwarz sei, denn nicht bloß Chlorsäure, sondern auch andere Oxydationsmittel, z. B. Chlorkalklösung, machen das Anilinschwarz unvergrünlich. Die Analyse ergiebt desgleichen einen Sauerstoffgehalt des erhaltenen Produkts. Die Praxis scheint hier das richtige getroffen zu haben, denn sie nennt dieses Anilinschwarz „überoxydirt“ (noir suroxydé).

Ueber die Rolle der Metallverbindungen bei der Anilinschwarzerzeugung ist folgendes zu bemerken. Wird Anilinchlorat mit einer Lösung von salzsaurem Anilin gemischt und ohne Zusatz von Metallverbindungen, z. B. von Vanadiumchlorür, ausgefärbt, so tritt beim Hängen des Gewebes bei einer Temperatur von $31-35^{\circ}$ keine Bildung von Schwarz ein, was bei Gegenwart des Vanadiumsalzes sehr bald erfolgt. Behandelte man aber den Stoff mit Salzsäure oder steigerte die Temperatur auf $80-90^{\circ}$, so bildete sich Anilinschwarz. Der Zusatz von HCl oder die höhere Wärme können nur ein Freiwerden der Chlorsäure zur Folge haben, welche mithin zur Bildung von Anilinschwarz nöthig ist. Bei niedriger Temperatur wird aber die Chlorsäure nur durch Zusatz von Salzsäure (was mit Rücksicht auf das gefärbte Zeug nicht angeht) oder von gewissen Metallsalzen frei. Diese Metallsalze müssen im Stande sein, sich in bei niedriger Temperatur zersetzliche Chlorate um-

zumwandeln. Hieraus erklärt sich auch die Wirkung von schon höchst geringfügigen Mengen der Metallverbindungen: dieselben wandeln sich in Chlorate um; die Chlorate geben Chlorsäure ab, während inzwischen das Metall von neuem in fein Chlorat übergeführt wird u. s. w.

Weiter hat R. Zürcher Studien zur Bildung von Anilinschwarz angestellt.¹⁾ Die gewöhnliche Anilinschwarzmischung besteht aus Kalium-, Natrium- oder Bariumchlorat, Schwefelkupfer und einer Mischung aus Stärkekleister und Anilinsalz (Anilinchlorat). Wird sie auf Stoffe gedruckt und unmittelbar nach dem Drucken auf 3 bis 4 Stunden in einem kühlen luftigen Raum gehängt, alsdann aber der Stoff in die Drydationskammer gebracht, so entsteht, je nach der Temperatur in dem Raume, in welchem sich die Stoffe vor der Drydation befunden haben, gar kein, ein schwaches oder ein nur stellenweise gutes Schwarz. Je bewegter die Luft, je niedriger die Temperatur, je länger der Aufenthalt in dem ersten Raume war, desto mangelhafter fällt das Schwarz aus. Wird ein gelüftetes bedrucktes Zeug in eine Chromsäurelösung getaucht, so entsteht gar kein Schwarz, während nicht gelüftetes Zeug damit normales Schwarz liefert.

Die Ursache für diese eigenthümliche Erscheinung ist einfach darin zu suchen, daß bei langem Lüften sich das Anilinsalz vom Gewebe verflüchtigt. Dies geschieht besonders leicht, wenn das Gewebe schwach feucht ist. Auch ohne Luftzug findet die Verflüchtigung statt, aber in viel schwächerem Grade. Angestellte quantitative experimentelle Versuche bestätigen die im Großen gemachten Erfahrungen vollständig.

E. Preibisch unterwirft die verschiedenen Methoden der Anilinschwarzdarstellung einer Kritik und schlägt dann selbst ein neues Verfahren vor.²⁾ Das beim Zeugdruck angewendete Hängen der bedruckten Stoffe in sogenannte Drydationsräume läßt sich nicht anwenden, sobald der Baumwollstoff im Grunde schwarz gefärbt werden soll, weil überall, wo das Gewebe nicht ganz gleichmäßig gespannt der Luft ausgesetzt wird, lichtere Streifen entstehen. Für schwarzen Grund entwickelt man daher

1) Dingl. p. J. 257. 1885. S. 162.

2) Dingl. p. J. 257. 1885. S. 288.

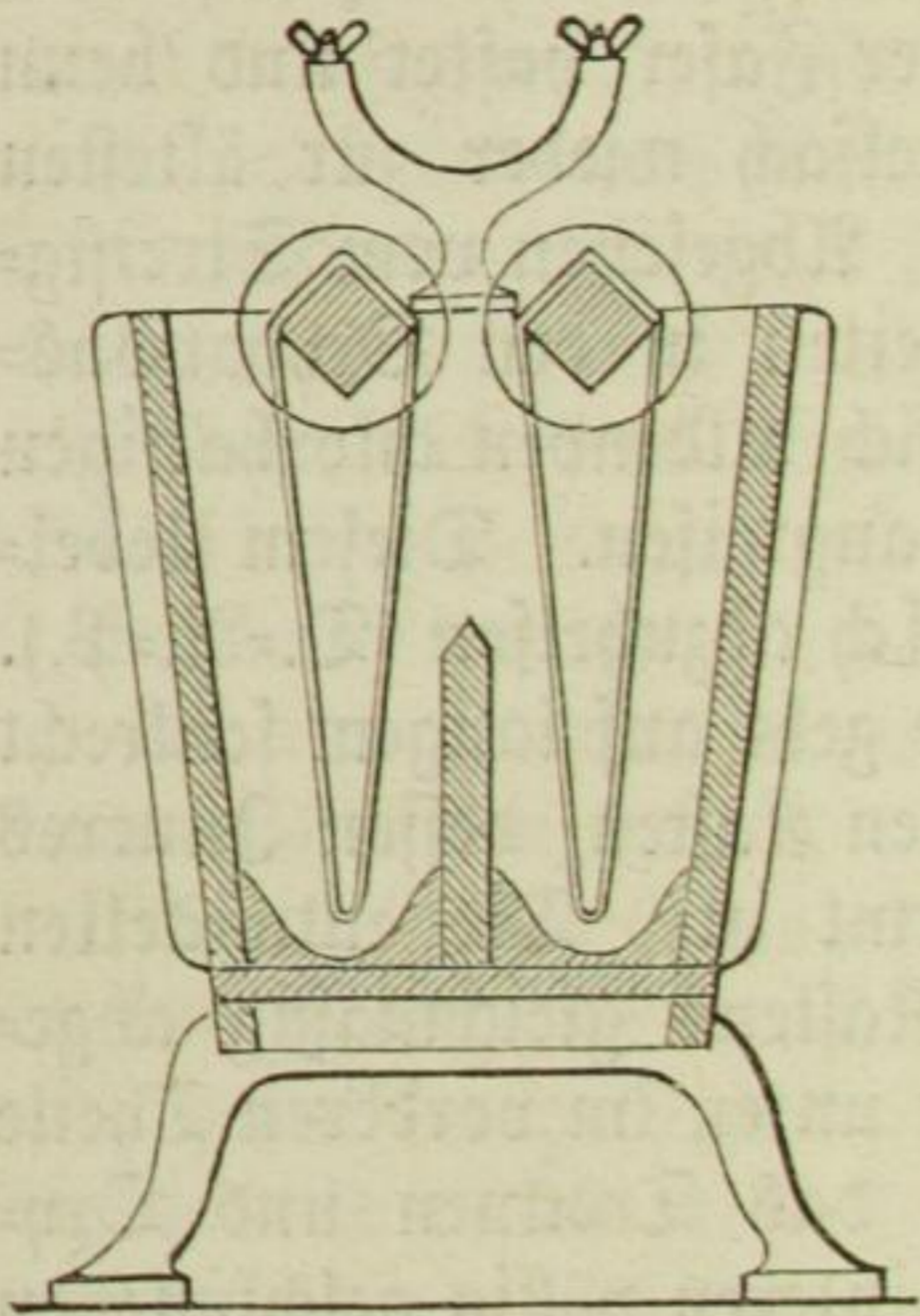
Das Schwarz im Dampfkasten und oxydirt die gebeizte Waare nur durch Dämpfen ohne Trocknen. Das so erhaltene Anilinschwarz ist indessen nicht besonders schön. Zum Färben der Baumwollgarne im Strange wie in der Kette wendet man ein Salz als Vermittler der Oxydation an, in der Regel Kaliumchlorat. Für Gewebe ist dies Verfahren nicht benutzbar, weil das Anilinschwarz mangelhaft auf der Faser haftet und beim Reiben abfärbt. Man ist daher vielfach wieder zur ältesten Methode, zur „Hänge“ zurückgekehrt. Abgesehen vom Streifigwerden der Zeuge ist aber das Arbeiten in den Oxydationsräumen sehr beschwerlich wegen der sich bildenden chlorhaltigen Gase, welche natürlich auch die Faser angreifen. Diesem Uebelstande sucht der Apparat von Preibisch abzuhehlen (D.=R.=P.). Das mit der Beize getränkte Gewebe geht auf langem senkrecht auf und absteigendem Wege durch einen Kasten, dessen Inneres durch Heizrohre auf $44-50^{\circ}$ erwärmt ist. Die entwickelten Dämpfe werden auf der Länge des Kastens gleichmäßig abgesaugt; frische Luft von 25° strömt von unten im vorderen Theile des Kastens nach. Hier findet auch das Trocknen und Oxydiren der Beize statt, während im hinteren völlig geschlossenen Theile des Kastens die Farbe sich entwickelt. Am Ende des Kastens befinden sich einige Wasserbehälter, welche die Luft feucht erhalten, was für die Güte des erzeugten Schwarzes wesentlich ist. Die Waare verläßt am hinteren Ende den Kasten, wird über denselben hinweg nach vorn geführt und hier abgelegt.

A. Renard macht Mittheilung über Kaltfärben von Anilinschwarz auf Baumwollenstrang.¹⁾ Das gewöhnliche Verfahren ist das folgende: die Stränge werden im Farbebade, welches Anilin, Salz- und Schwefelsäure und Kaliumbichromat enthält, hin- und hergezogen. Wenn die Farbe sich zu entwickeln beginnt, erwärmt man die Stränge auf 50 bis 60° . Je concentrirter und säurereicher das Bad, um so schneller ist die Arbeit beendet. Zu dem kalten Verfahren von Renard verwendet man ein Bad, welches pro 100 kg Baumwolle enthält $16-20$ kg 21 grädige Salz- und 20 kg 66 grädige Schwefelsäure, $8-10$ kg Anilinöl, $14-20$ kg Kaliumbichromat und 10 kg Eisenvitriol. Die angewendeten Färbe-

1) Dingl. p. J. 251. 1884. S. 425.

kufen (siehe Figur 32) sind paraboloidisch und, damit sie die kleinste Menge Flüssigkeit aufnehmen, ohne die Bewegung der Stränge zu hindern, hoch und schmal. Die abgekochten, gewaschenen und ausgerungenen Stränge kommen auf die Spulen, die man abwechselnd im entgegengesetzten Sinne dreht. Ist der gewünschte Farbenton erzielt, so hebt man die Stangen mit den Spulen auf die über der Doppelfufe befindlichen Halter und läßt abtropfen. Alsdann wäscht man die Stränge unter Zusatz von Soda mit Seife. Die so gefärbte Waare vergrünt höchstens unmerklich.

Fig. 32.



Das Vergrünen von Anilinschwarz wird nach E. Röchlin veranlaßt durch die niedrige Temperatur bei seiner Bildung¹⁾ (was allerdings gegen das Verfahren von Renard spräche). Ein bei über 70° entwickeltes Anilinschwarz wird nicht mehr grün. Die Wirkung der Wärme sieht man am besten, wenn man nach dem Lauth'schen Verfahren arbeitet, wobei Manganoxyd in Anilinlösung zur Anwendung gelangt. Bis 50° entsteht ein stark vergrünendes Anilinschwarz; zwischen 50—60° ein solches, welches noch geringen Veränderungen unterliegt; bei 75—100° dagegen ein unveränderliches Schwarz. Man ändert daher am besten das Verfahren von Lauth wie folgt ab: Als Bad benutzt man 2—4 g Anilinsulfat, 0.1—0.2 Naphthylamin (gegen das Abdunkeln der Farbe) und 20 g geröstete Stärke auf 1 Lit. Wasser. Man imprägnirt den Stoff hiermit und taucht alsdann in gesättigte kochende Kaliumbichromatlösung (400 g im Liter). Sofort bildet sich ein unvergrünliches Anilinschwarz.

Nur erwähnt sei zum Schlusse, daß F. Goppelsröder das Anilinschwarz mit Hilfe der Electrolyse darstellen und auf der Faser fixiren will.²⁾ Die electro-

1) Deutsche Industrieztg. 24. 1883. S. 47.

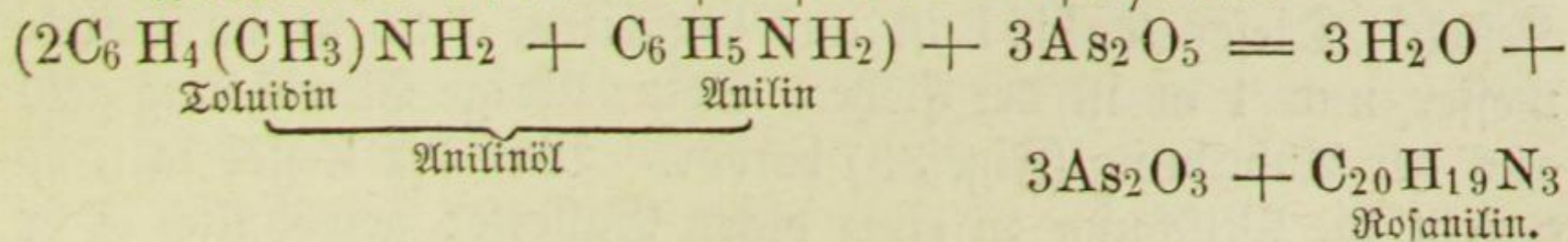
2) Chem. Ztg. 8. 1884. S. 361. 431. 713. 1256. — 10. 1886. S. 852.

lytische Erzeugung von Farbstoffen beruht auf der Thatsache, daß an der Kathode Reductions-, an der Anode Oxydationserscheinungen auftreten. Insbesondere ist diese Eigenschaft des elektrischen Stroms auf Indigo angewendet worden. Wird Indigo in Kalilauge suspendirt und das Gemisch in ein Kupfergefäß gegeben, welches als negative Elektrode dient, und alsdann ein poröser mit derselben Mischung gefüllter Cylinder eingetaucht, der ein Platinblech als positive Elektrode enthält, so wird Indigo am negativen Pole reducirt, wahrscheinlich in Folge der Wirkung von H nase. Freilich geht diese Reaction nur in der Wärme gut vor sich. Man kann in solcher Weise auch Indigoweiß auf der Faser erzeugen, indem man das Zeug mit Indigo in Alkalilauge tränkt und zwischen Metallplatten bringt, welche als Elektroden dienen. Natürlich kann die Reduction nur einseitig sein, d. h. an der Kathodenplatte stattfinden. Für Anilinschwarz würde man die oxydirende Wirkung der Anode in analoger Weise in Anspruch nehmen müssen. Auch für das Drucken von Mustern soll das Verfahren Anwendung finden. Zwei Uebelstände machen aber das Färben mit Hülfe des elektrolytischen Verfahrens unbrauchbar: 1) daß die Wirkung des Stroms immer nur einer Seite des Zeuges gilt, und 2) daß wegen der seitlichen Wirkung des Stroms die Muster nie scharf werden können.

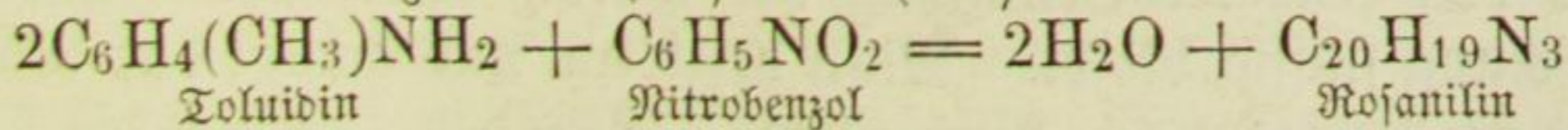
Fuchsin.

Das Fuchsin ist der älteste Anilinfarbstoff und gleichzeitig derjenige, welcher sich am längsten seine Bedeutung erhalten hat. Der chemische Vorgang der Fuchsinbildung ist in folgenden Gleichungen ausgedrückt:

Älteres oder Arsensäureverfahren:



Nitrobenzolverfahren (Jahrb. 15. 1879. S. 393):



Das Fuchsin ist ein Salz des Rosanilins, gewöhnlich $C_{20}H_{19}N_3$, HCl.

Gegenwärtig wird hauptsächlich noch nach dem Arsensäure-

verfahren gearbeitet (s. auch dieses Jahrbuch 15. 1879. S. 386), doch macht sich eine Umwälzung in der Fuchsinfabrication bereits bemerkbar, indem das Nitrobenzolverfahren wegen der Giftigkeit der Abfälle bei der älteren Methode sich mehr und mehr auszubreiten beginnt. Es wird daher jetzt, wo das alte Verfahren jedenfalls den Höhepunkt seiner Ausbildung erreicht hat, von Interesse sein, näheres über seine fabrikmäßige Durchführung zu erfahren. Wir geben deshalb einen Auszug aus einem Aufsatze von P. Schoop¹⁾ über Fuchsinfabrication nach dem Arsensäureverfahren.

Die Fuchsinfabrication zerfällt in zwei getrennte Specialitäten, die Blaufuchsinfabrication und die Rothfuchsinfabrication. Die erstere wird von den Anilinblaufabricanten ausgeführt und liefert kein für sich verwendbares Produkt. Die Rothfuchsinfabrication ist es, von welcher hier die Rede sein soll und zwar lediglich vom technischen Standpunkte aus. Das Rohmaterial bilden Anilinöl und Arsensäure. Letztere erhält man durch Oxydation von Arsen oder arseniger Säure mit Salpetersäure; man dampft die Lösung bis auf 75° B ein. Als für Fuchsin geeignete Anilinöle, sog. Rothaniline, sind die beiden folgenden zu bezeichnen:

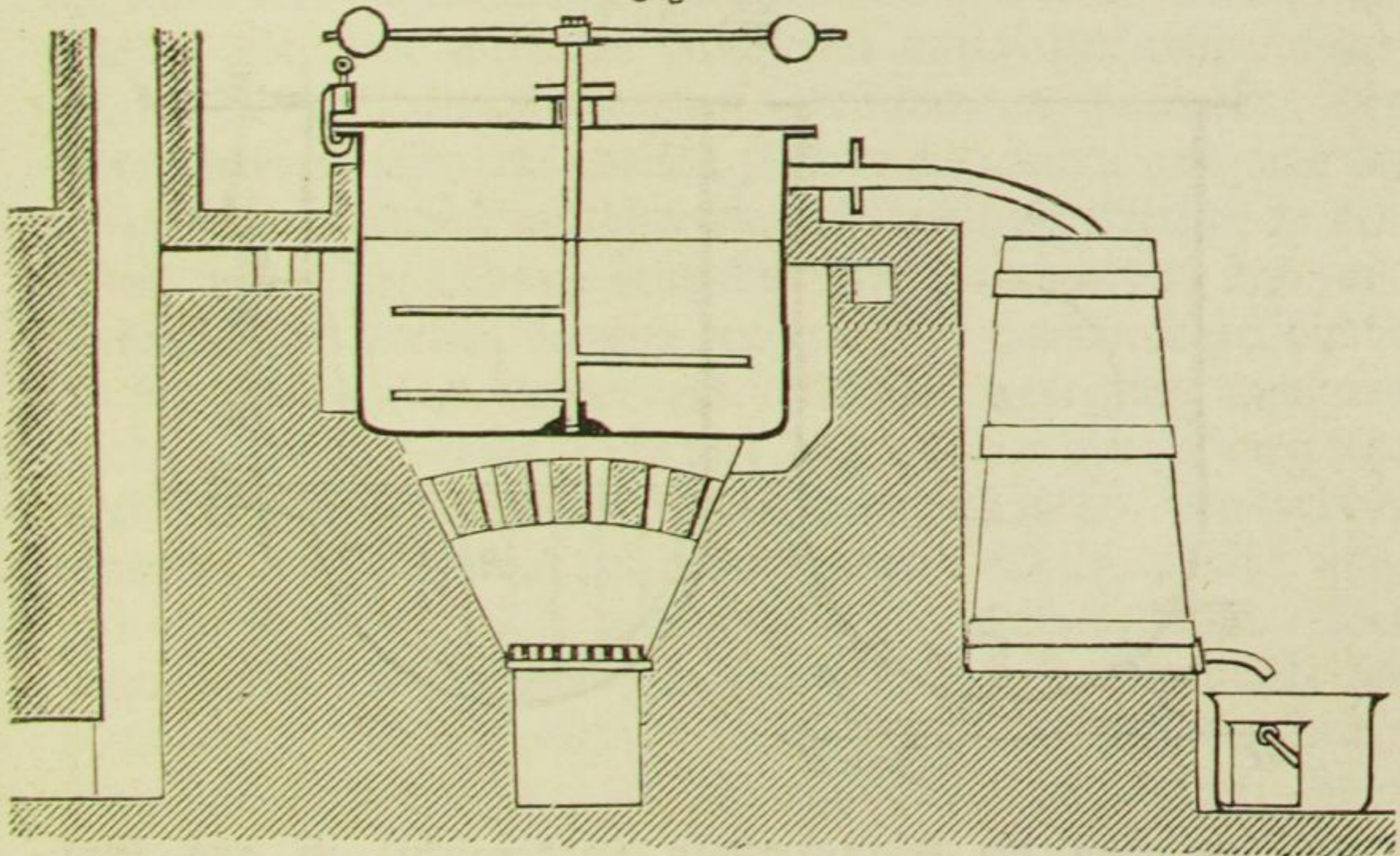
	(A) Dichte bei 20° = 1.0023	(B) Dichte bei 20° = 1.0006
Anilin	22.0	16.3
Orthotoluidin	58.4	68.4
Paratoluidin	19.6	23.3
	100.0	98.0

Es kommen nun 700 kg Arsensäure von 75° B, 300 kg aus der Schmelze regenerirte Arsensäure von 75° B, 300 kg Rothanilin und 200 kg Destillat von früheren Einsätzen in den Kessel. Dieser Kessel ist aus Gußeisen, 1.35 m im Durchmesser und 1 m in der Höhe. Seine übrige Einrichtung geht aus der Abbildung (Fig. 33) hervor. War der Kessel kalt, so gesteht die Mischung zu einer dicken Gallerte; gewöhnlich ist er aber von früherer Benutzung her warm, in welchem Falle die Mischung flüssig bleibt. Man heizt an und bringt das Rührwerk in Bewegung. Nach etwa 7 Stunden beginnt die Destillation; die Destillate entweichen durch den kurzen Stutzen

1) Dingl. p. J. 258. 1885. S. 276—284.

am oberen Rande des Kessels in die Kühlschlange. Die Hitze muß so geregelt werden, daß stündlich ungefähr 10 Lit. Destillat übergehen. Erst wenn nach 20 Stunden etwa 20—25 Eimer abdestillirt sind, feuert man stärker, so daß stündlich etwa 20 Lit. Destillat gewonnen werden. Sind etwa 400 Lit. übergegangen, so wird die Masse im Kessel dickflüssig. Man zieht jetzt häufig durch eine kleine Oeffnung im Deckel des Kessels Proben vom Inhalt und unterbricht die Erhitzung sobald der Kesselinhalt teigig erscheint. Mit Hilfe eines Flaschenzuges wird jetzt der Deckel schnell vom Kessel gehoben und die Schmelze mit kupfernen Schöpfern auf eiserne Bleche ausgeschöpft. Die Schöpfer

Fig. 33.

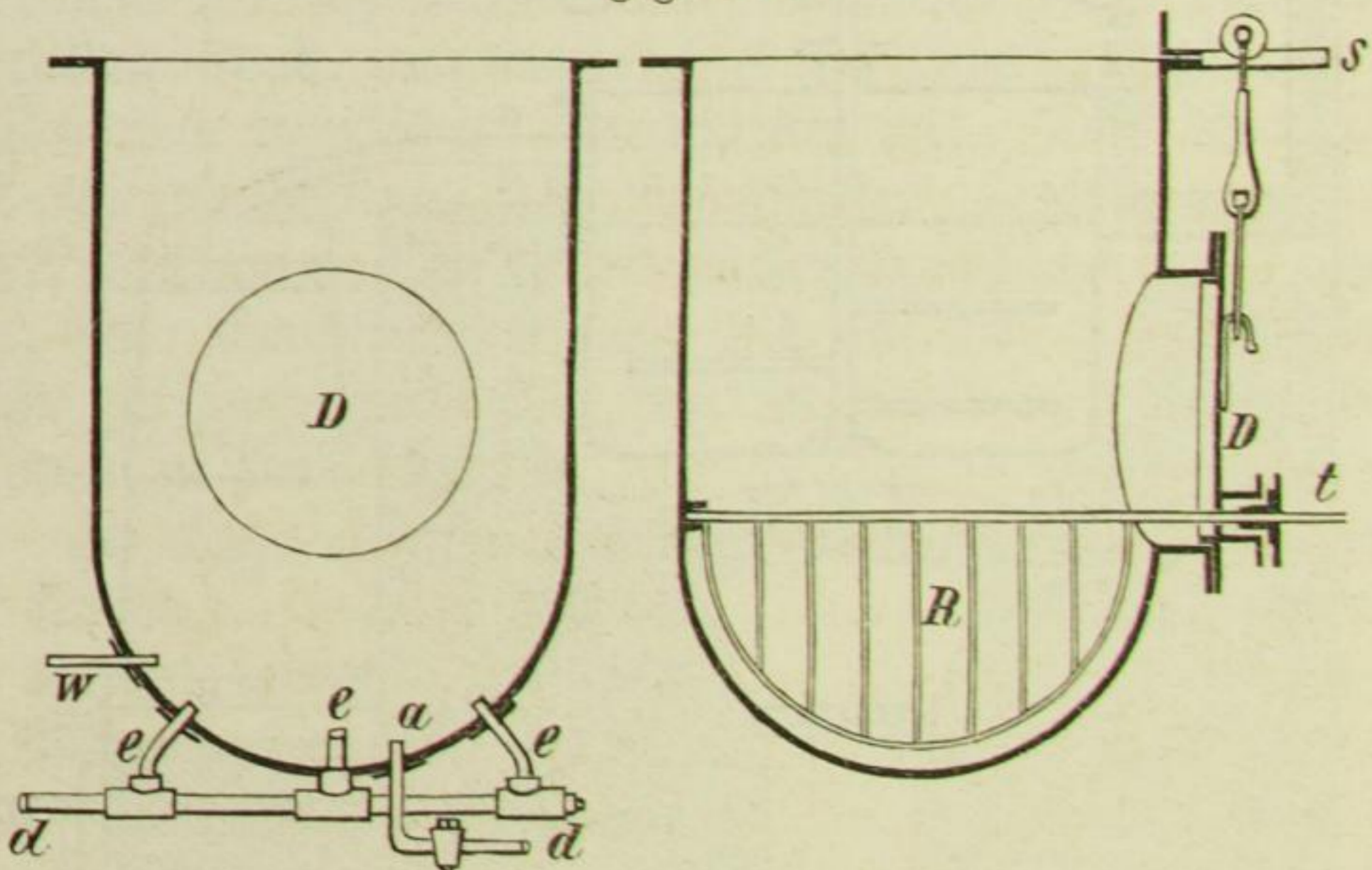


müssen während des Ausschöpfens häufig in kaltes Wasser getaucht werden, um ein Ankleben der Schmelze zu verhindern. Vor den Anilindämpfen muß sich jeder Arbeiter durch einen über Mund und Nase gebundenen und mit Essigsäure befeuchteten Schwamm schützen; auch wird er alle 2—3 Minuten abgelöst. Die Schmelze wird nach dem Erkalten in faustgroße Stücke zerschlagen und muß einen muschligen Bruch bei Goldglanz und Sprödigkeit besitzen. Ihr Gesamtgewicht beträgt in der Regel 886 kg. Die Schmelze wird nunmehr auf einem Kollergang mit gußeiserner Tellerplatte naß verrieben, bis nach etwa 2 Stunden ein feiner Schlamm entstanden

ist. Der Schlamm wird in ein Druckfaß abgelassen und von hier auf eine Filterpresse befördert. Der Pressrückstand wird nochmals mit warmen Wasser angerührt und gepreßt. Das Filtrat von der ersten Pressung wird in einer eisernen Abdampfsfanne eingeengt, um die regenerirte Arsensäure zu erhalten; das Filtrat von der zweiten Pressung dient zum Anrühren einer neuen Portion von Schmelze. Die ausgewaschene Rohschmelze ist ein gelbgrünes Pulver, welches im Extractionsapparat oder Auskochkessel einer 2 maligen Auskochung mit Wasser unterworfen wird.

Man verwendet stehende Extractionsapparate (siehe Fig. 34) von 1 m Durchmesser und 4·5 m Höhe. Der

Fig. 34.



Untersatz (den die Figur allein wiedergiebt) ist aus Gußeisen; über ihm erhebt sich der obere cylindrische aus Kesselblech genietete Theil des Apparates, welcher durch Schrauben am Untersatz befestigt und oben durch eine schwach gewölbte Decke abgeschlossen ist. *D* ist der Deckel der Arbeitsöffnung, der in horizontaler Richtung auf der Schiene *s*, an welcher er mittelst eines Rades mit Kette aufgehängt ist, bewegt werden kann. Die Thüre trägt unten die Stopfbüchse *t*, durch welche die Axe einer, zeitweilig mit der Hand in Bewegung zu setzenden Rührvorrichtung *R* geht. Der Deckel wird nach Beschickung des Apparats fest geschraubt. Am Boden befinden sich an der tiefsten Stelle das Ablassrohr *a*, etwas höher die drei symmetrisch

angeordneten vom Rohre d aus gespeisten Dampfeinlaßrohre e und noch etwas höher das Wasserrohr w. In $\frac{3}{4}$ Höhe des ganzen Apparats ist ein kleiner Wasserablaßhahn an der Stelle angebracht, bis zu welcher Wasser eingefüllt werden soll. Solcher Auskochkessel sind für ununterbrochenen Betrieb wenigstens zwei nothwendig. Die Rohschmelze theilt man in 10 Theile von je 88·6 kg Gewicht und verreibt und wäscht jeden Theil für sich aus, worauf man ihn in den Auskochkessel bringt, den Deckel aufschraubt und Wasser bis zum Ablaufen aus dem erwähnten kleinen Auslaufhahn zuläßt. Die Flüssigkeitsmenge beträgt 3600 Lit. Jetzt wird auch der kleine Hahn geschlossen und Dampf eingeleitet, bis das Wasser kocht und das an der Decke des Cylinders angebrachte Manometer 1·5—2 Atm. Druck zeigt. Nach 4 Stunden wird die Flüssigkeit auf Filterpressen abgelassen und das Filtrat in großen Behältern angesammelt. Der Filterrückstand wird im zweiten Kessel noch einmal ganz wie im ersten behandelt, diesmal aber die Flüssigkeit oder Brühe in den ersten, mit neuer Ladung beschickten Kessel eingedrückt und zum Auskochen der zweiten Ladung benutzt. Im zweiten Kessel bleibt ein humusähnliches Pulver als Rückstand, der giftig und unverwerthbar ist. Das Filtrat der ersten Pressung setzt nach halbstündigem Stehen etwas Unreinigkeit ab, von welcher man die Farbbrühe in ein tiefer stehendes Gefäß abläßt und, so lange sie noch heiß ist, mit 200 kg Steinsalz verrührt. Der ursprünglich als Arsenit gewonnene Farbstoff verwandelt sich hierdurch in das Chlorhydrat, welches sich beim Erkalten wegen Anwesenheit des Kochsalzes fast vollständig ausscheidet. Nach 2 Tagen läßt man die Lauge in einen großen Behälter ab und setzt hier von Zeit zu Zeit etwas Kalkmilch zu, wodurch unlösliches Kalkrosanilin entsteht. Durch Filtration trennt man dasselbe von der farbenfreien Lauge, die viel arsenige Säure enthält. Diese wird vollständig mit Kalk neutralisirt, wobei ein starker Niederschlag entsteht, der zweite giftige Rückstand der Fuchsin-fabrication. Das Kalkrosanilin wird später für sich verarbeitet.

Bei der Herstellung der Fuchsin-schmelze ergab sich ein Destillat von ungefähr 400 Lt. Dasselbe wird in einen Scheidetrichter gebracht und daselbst mit etwa 100 kg Salz versetzt. Es scheidet sich an der Oberfläche ein Anilinöl aus. Die Salzlösung wird abgelassen, ihr Anilingehalt bestimmt und das Anilin

hierauf diazotirt, mit Naphthollösung gefällt und auf Naphtholorange verarbeitet. Das Anilinöl wird in einer Blase rectificirt und für folgende Schmelzen benutzt oder noch besser auf Safranin verarbeitet. Es enthält das rectificirte Destillat kein Paratoluidin mehr. Durchschnittlich liefert eine Schmelze 220 kg Destillatanilin.

Das ausgesalzene Rohfuchsin enthält noch verschiedene fremde Beimischungen: verschiedene Fuch sine, Chrysanilin, Mauvanilin, Violanilin, unbekannte Körper u. s. w. Die Reinigung des Rohfuchsin s beruht auf einer systematisch durchgeführten fractionirten Fällung. Das aus 2 Ladungen ($\frac{1}{5}$ der Schmelze) gewonnene Rohfuchsin wird in einer hölzernen Bütte in 1000 Lt. Wasser durch Aufkochen mit Dampf gelöst, alsdann mit 40 Lt. einer 4 procentigen Sodalösung allmählich versetzt. Es scheidet sich ein Theil des Farbstoffs als grün- bis goldglänzendes Harz (Harz I) ab und wird abgeschöpft (15—16 kg), während die Flüssigkeit rasch durch ein grobmaschiges Filter in eine zweite Bütte filtrirt wird. Hier giebt man 2 Lt. Salzsäure zu, damit die Chrysanilinausscheidung verhindert und die Krystallisation des Fuchsin s verzögert wird. Auf die Bütte wird ein mit in die Flüssigkeit tauchenden Holzstäben versehener Deckel gesetzt, der nach 2 Tagen mit einer Schicht schöner Krystalle überzogen ist. Man läßt die Lauge ab; sie enthält noch etwa 4 kg Fuchsin. Die Krystalle läßt man abtropfen, trocknet sie erst an der Luft, dann bei 40° in Trockenstuben und erhält etwa 20 kg Krystallfuchsin. Die Krystallisationsmutterlauge fällt man mit Natronlauge, wobei sich die Farbbase als rothbrauner Schlamm abscheidet. Haben sich etwa 40 kg dieses Schlammes (auf trockne Substanz berechnet) angesammelt, so löst man ihn in Salzsäure. Mit der Lösung verfährt man, wie bei der Reinigung der Rohfuchsinbrühe. Die jetzt nach Ausscheidung des Krystallfuchsin s erhaltene Mutterlauge ist arm an Fuchsin, aber reich an Chrysanilin. Sie wird mit Natronlauge gefällt, filtrirt und der Filterrückstand mit Essigsäure eingedampft, wobei man Zimmtbraun erhält. Das Harz I (aus Rohfuchsinbrühe) wird in Salzsäure gelöst. Beim Kochen scheidet sich etwas Harz (Harz II) ab, welches hauptsächlich Mauvanilin ist. Aus der Flüssigkeit erhält man durch vorsichtiges Neutralisiren mit Soda wiederum etwas Farbstoff und aus der

Mutterlauge noch etwas Fuchsin. Die Krystallisationsmutterlauge wird mit Harz I vereinigt. Das Harz II wird in Salzsäure gelöst, gekocht, wobei sich Mauvanilin abscheidet, nach Beseitigung des letzteren aber mit Kochsalz ausgefällt, wobei sich Cerise niederschlägt. Dieses wird nach der Filtration ausgewaschen, mit Salzsäure neutralisirt und in eisernen Pfannen durch Dampfsheizung eingedampft. Der Rückstand ist das Cerise des Handels. Die weitere Behandlung der verschiedenen Produkte erhellt aus der umstehenden schematischen Uebersicht.

Die mehr oder minder vollständige Trennung der Nebenprodukte hängt natürlich von den Marktbedürfnissen ab; ebenso fallen die verschiedenen Fractionen bei verschiedener Behandlung im Farbentone sehr verschieden aus, daher man die gewünschten Töne durch Mischen geeigneter Produkte zu erzeugen pflegt. Das mit dem Arsen säureverfahren hergestellte Fuchsin ist für Erzeugung von Baumwollblau oder Alkaliblau nicht geeignet und kann nur für rothstichige Blaue, z. B. für Soluble-Blau, verwendet werden, daher man in der Anilinblaufabrication das Fuchsin auf andre Weise darstellt. Der angebliche Vorzug des Arsen säureverfahrens gegenüber dem Nitrobenzolverfahren, daß es rentablere Nebenprodukte liefere, ist nicht vorhanden, da das letztere Verfahren ein sehr schönes Marron nebenbei ergiebt. Das beim besprochenen Verfahren gewonnene Mauvanilin ist fast werthlos.

Neue Verbindungen aus Kohlentheer.

Aus dem bis in unser Jahrhundert hinein fast verwendungs- und bedeutungslosen Theer der Kohlen haben wir in Laufe der Jahre gelernt, die glänzendsten und verschiedensten Farben in allen Schattirungen, die feinsten Wohlgerüche, die kräftigsten Heilmittel und schließlich sogar eine Substanz darzustellen, welche weit süßer ist als Zucker. Eine großartige Industrie ist auf die Verarbeitung des Theers zu diesen und anderen Stoffen gegründet worden und viele Tausende von Menschen verdanken dem Theere ihren größeren oder geringeren Wohlstand. Es ist also sehr natürlich, daß die Theilnahme der Gebildeten wie der Fachmänner allen Neuerungen in der Theerverarbeitung von vornherein sicher ist, und so wollen wir nicht unterlassen, auch an dieser Stelle über einige neuere aus Kohlentheer gewonnene

Schema der Suchfindarstellung.

Suchfinschmelze.

Im Rodkessel gelocht, filtrirt, 1/2 Ct. stehen gelassen.

Parablast.

Hierbon abgezogen, die Lösung mit NaCl gefällt.

Mohsuchfin.

In Wasser gelöst, mit Soda versetzt.

Suchf. I. Lösung I. Erhalten gelassen.

Suchf. II. Suchf. III. Suchf. I. In HCl gelöst, mit Soda versetzt.

Suchf. III. Lösung.

In HCl gelöst.

Suchfin.

Mutterlauge.

Suchf. I. Suchf. II. Suchf. III. Suchf. I. In HCl gelöst, mit Soda versetzt.

Lösung II. Erhältet.

Suchf. IV. Lösung. Mit NaCl gefällt.

Gerste.

Mutterlauge.

Suchf. 2. Suchf. I. In HCl gelöst, m. NaCl gefällt.

Lösung.

Suchfin. Mutterlauge. Mit NaOH gefällt.

M. NaOH gefällt.

Alaudanilin. Brenndline.

Mutterlauge. Suchf. 3. Wird zu Suchf. 1 gegeben.

Lösung.

Marcon.

Bimmitbraun.

In Suchf. 1 gegeben.

Verbindungen zu berichten, wobei wir einem Vortrage von H. E. Roscoe¹⁾ folgen.

Alle organischen Verbindungen leiten sich von den Kohlenwasserstoffen her, und diese wiederum kann man in zwei Klassen eintheilen, in die Paraffine und in die aromatischen Kohlenwasserstoffe. Diese beiden Klassen sind chemisch wohl von einander zu unterscheiden. So z. B. bilden die Paraffine die Grundverbindungen für die Fette, die aromatischen Kohlenwasserstoffe die für die sog. aromatischen Verbindungen, zu denen alle Farben, feineren Wohlgerüche, Antipyretica u. s. w. gehören. Die Kohlenwasserstoffe der ersten Klasse sind hauptsächlich aus dem Erdöl zu gewinnen, aus welchem dagegen keine aromatischen Stoffe in irgend nennenswerther Menge erhalten werden können. Dagegen sind die Mineralkohlen der Rohstoff für Gewinnung aromatischer Körper. Bei der trocknen Destillation liefern sie neben anderen Produkten den Kohlentheer, welcher die schon genannten aromatischen Stoffe enthält. Eine trockne Destillation der Steinkohlen findet bei der Leuchtgasbereitung statt; aber viel bedeutender ist die Menge von Kohlen, welche ausschließlich zur Verwandlung in Koks der trocknen Destillation unterworfen wird. Bei der Verkokung wurden die Destillationsprodukte indessen bisher fast stets verloren, sei es, daß sie verbrannten, sei es daß die Hitze zu langsam oder zu hoch stieg u. s. w. Nur bei wenigen Verkokungsprocessen geschieht die Arbeit in der Weise, daß man die Theersubstanzen gewinnen kann. In erster Linie ist hier der Prozeß von Simon-Carvès zu nennen, auf dessen Besprechung hier nicht eingegangen werden kann. Freilich kommt in allen Fällen auch noch die Natur der Kohle in Frage. Braunkohlen geben bekanntlich einen an Paraffinen, Steinkohlen dagegen einen an aromatischen Körpern reichen Theer. Von den Steinkohlen sind wiederum die anthracitischen deshalb zur Gewinnung eines für Farbstofffabrication günstigen Theers nicht geeignet, weil sie zu viel Naphthalin und zu wenig Benzol liefern.

Die Theerfarben haben schon häufig in diesem Jahrbuche Besprechungen erfahren, so daß wir uns an dieser Stelle kurz fassen können. Es ist bekannt, daß vom Benzol aus das Anilin und von diesem aus die ganze Masse der Anilinfarben

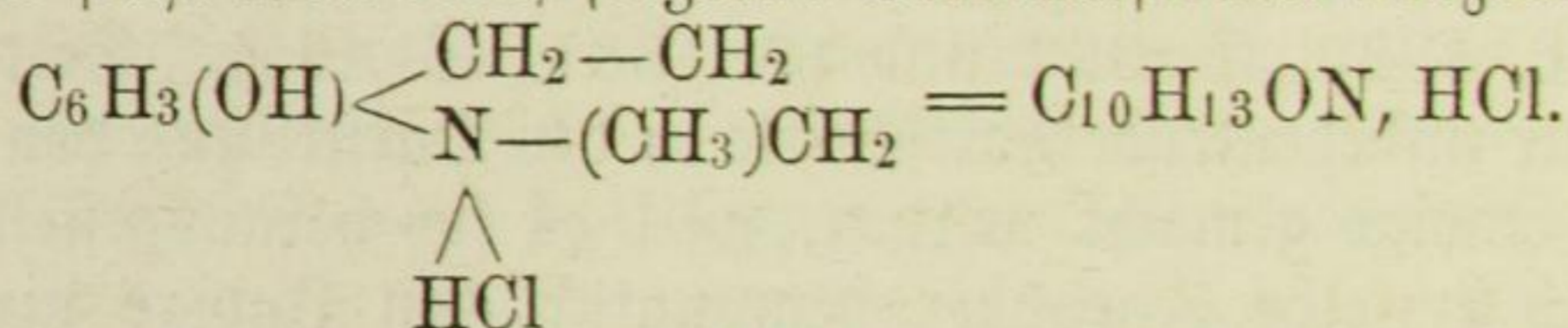
1) Nature 34. 1886. p. 111. 133.

gewonnen wird. Es ist ferner zu erinnern an das künstliche Alizarin, welches vom Anthracen abstammt und wiederum die Muttersubstanz für die ganze Reihe der Alizarinfarben bildet. Die Cochenille wird jetzt durch Farbstoffe verdrängt, welche man aus Naphthalin gewinnt; das Holz- und Beerengelb wird sich nicht mehr lange gegen das Naphtholgelb halten können. Freilich ist nicht zu leugnen, daß die genannten natürlichen Farben lichtechter sind als die entsprechenden künstlichen Farbstoffe. Die sechs wichtigsten Stoffe für Theerfarbenbereitung, welche sich im Theer finden sind Benzol, C_6H_6 , Toluol $C_6H_5CH_3 = C_7H_8$, Phenol $C_6H_5OH = C_6H_6O$, Metaxylol $C_6H_4 [1:3] (CH_3)_2 = C_8H_{10}$, Naphthalin $C_{10}H_8$ und Anthracen $C_{14}H_{10}$. Es liefert 1 Tonne engl. = 2.8316 cbm von Lancashirekohle bei der trocknen Destillation aus Retorten im Durchschnitte 12 Gallonen = 54.5232 Lit. Theer von der Dichte 1.16. Diese 54.5 Lit. Theer ergeben bei der fractionirten Destillation durchschnittlich 410.6 g Benzol, 335.9 g Toluol, 569.9 g Phenol, 44.8 g Xylol, 2351.3 g Naphthalin, 6345.1 g Kreosot, 171.7 g Anthracen und 25977.6 g Pech. Aus den für die Farbenfabrication wichtigsten 6 Stoffen kann man nun eine außerordentlich große Anzahl verschiedener Farben herstellen; so z. B. über 16 gelbe, etwa 12 orangene, mehr als 30 rothe, ungefähr 15 blaue, 7 grüne und 9 violette und noch eine Reihe von braunen und schwarzen Farben. Mit der Aufzählung dieser Farben können wir uns hier nicht befassen; die meisten stammen vom Benzol und Toluol, die wenigsten vom Xylol und Anthracen her. Zu den wichtigsten neueren Theerfarben gehören die sog. Azofarben, über welche wir in diesem Jahrbuche bereits ausführlich berichtet haben (20. 1884 S. 350 bis 398). Weiter ist zu nennen die von Witt entdeckte Reihe der Indophenole, die als Ersatz für Indigo verwendet wurden, gegenwärtig aber wegen gewisser Schwierigkeiten in ihrer Anwendung keine allgemeinere Benutzung finden. Hauptsächlich dienen sie zur Erzeugung von dunkelblauem Muster auf mit Azofarben roth gefärbtem Wollen- oder Baumwollstoff. Indophenol liefert bei der Reduction eine ungefärbte Verbindung, mit welcher das rothe Zeug bedruckt wird. Das Indophenolweiß oxydirt sich auf der Faser zu Blau auf Kosten der Azofarbe des Grundes, welche bei dieser Reduction zerstört wird. Der Proceß verläuft so glatt, daß man auf dem

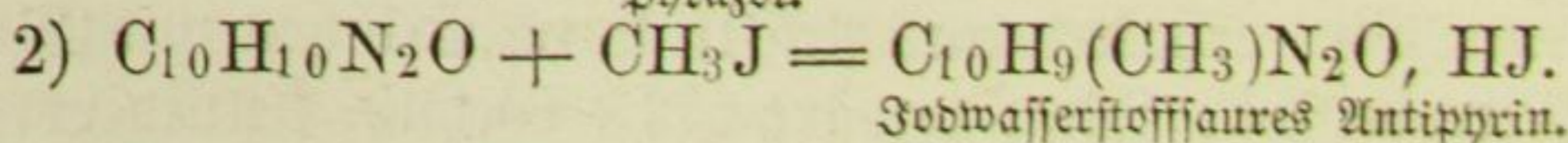
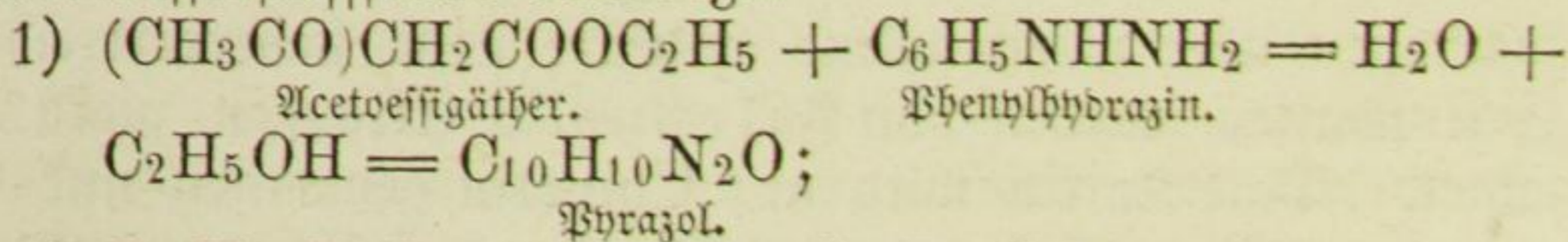
rothgefärbten Stoffe blaue Musterung herstellen kann, welche schließlich viel mehr Raum einnimmt als der übrig bleibende rothe Grund. H. Köchlin ist der Erfinder dieses Processes. Als rothe Farben verwendet man für Wolle die gewöhnlichen scharlachenen Azofarben, für Baumwolle das Congoroth. — Endlich sei an die Erzeugung von künstlichem Indigo aus Kohlentheerprodukten erinnert, welche von Baeyer zuerst ausgeführt und über welche ebenfalls schon berichtet wurde (Jahrbuch 16. 1880. S. 362 und 17. 1881. S. 405). Seit 1881 sind nur unbedeutende Fortschritte in der Darstellung von künstlichem Indigo gemacht worden, weil es sich herausgestellt hat, daß sich derselbe gegenüber dem natürlichen Indigo nicht auf dem Marke behaupten kann.

Nächst den Theerfarben sind die sog. Antipyretica die wichtigsten aus dem Theer gewonnenen Stoffe. Ihre Entdeckung und Darstellung fällt in die neueste Zeit. Bis dahin war das Chinin das unbestrittene und einzige Antifiebermittel und Antiperiodicum; seine künstliche Erzeugung war nicht gelungen. Nun wurden drei Theerprodukte gefunden, welche zwar in manchen Punkten dem natürlichen Alkaloid an Werth nachstehen, aber dennoch in anderer Beziehung höchst werthvolle Eigenschaften besitzen und insbesondre sehr vortreffliche Mittel gegen Fiebererscheinungen sind. Es ist dies das Kairin, das Antipyrin und das Thallin. Die drei Körper werden in großen Mengen in den Fabriken von Höchst und von Ludwigshafen gewonnen. Die Basis dieser Antipyretica bildet das Chinolin, welches Dewar 1881 als aromatische Verbindung nachwies. Das Kairin wurde 1881 von D. Fischer in München bei seinen Untersuchungen über Drychinoline entdeckt; seine fiebertreibenden Eigenschaften wurden von Filehne in Erlangen zuerst beobachtet. Das Kairin wird aus Chinolin gewonnen und dieses wiederum wird erhalten aus Anilin durch Erhitzen mit Glycerin und Nitrobenzol. Man erwärmt 38 Gewth. Anilin vorsichtig mit 100 Thl. Bitriolöl, 24 Thl. Nitrobenzol und 120 Thl. Glycerin, kocht zuletzt mehrere Stunden, verdünnt mit Wasser, treibt das Nitrobenzol mit Wasserdampf ab, macht alkalisch und destillirt das Chinolin mit Wasserdampf ab. Das Chinolin ist eine farblose Flüssigkeit, von durchdringend bittermandelartigem Geruche, brennend bitterem Geschmacke und der Zusammen-

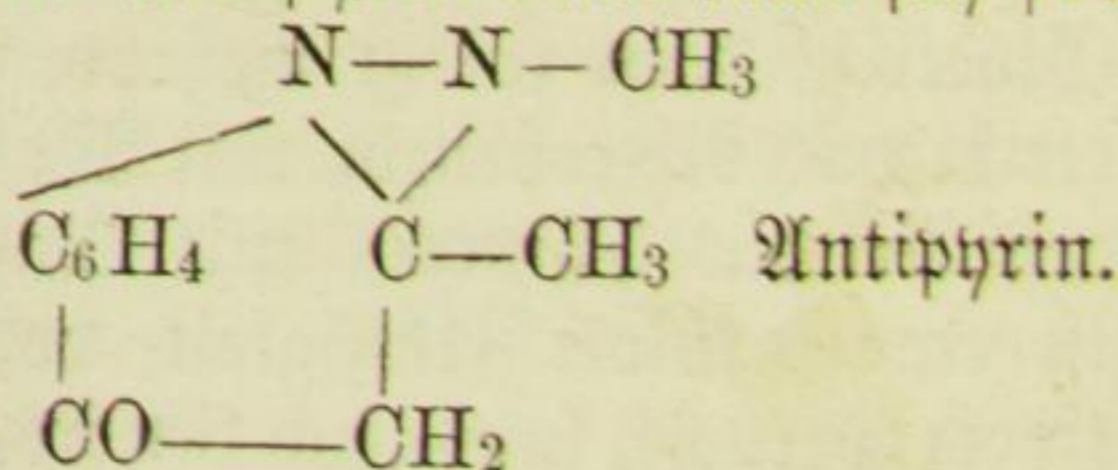
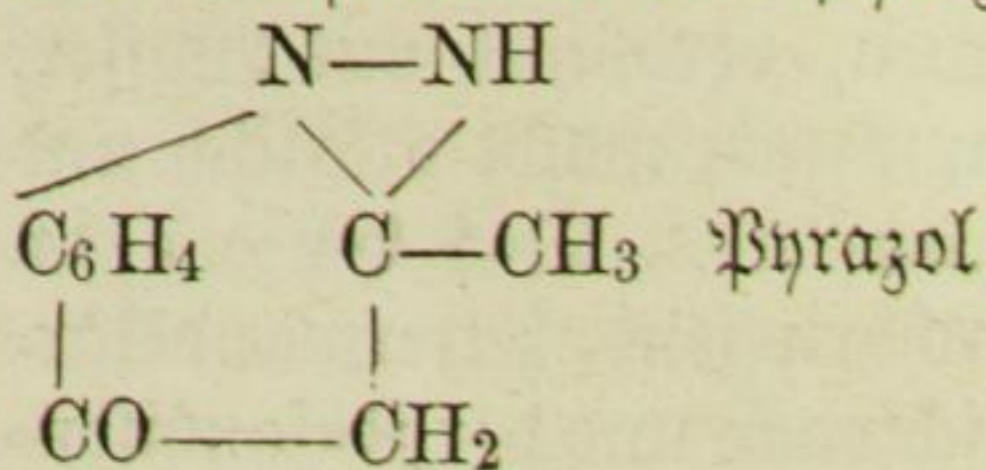
setzung C_9H_7N ; es ist eine organische Base. Wird es mit Schwefelsäure behandelt, so geht es in Chinolinsulfonsäure, einen festen Körper, über. Wird derselbe mit Natrium geschmolzen, so entsteht Orychinolin, welches bei der Reduction mit Zinn und Salzsäure in Tetrahydroorychinolin verwandelt wird. Läßt man auf letzteres Bromäthyl einwirken, so entsteht Methyltetrahydroorychinolin oder Kairin. Die Constitution dieses Körpers sucht man durch folgende Structurformel auszudrücken:



Das Handelsprodukt ist also salzsaures Kairin und kostet ungefähr 22 Pfg. pro 1 g. Wird die Verbindung eingenommen, so tritt eine beträchtliche Erniedrigung der Körpertemperatur ein, die freilich von noch kürzerer Dauer ist, als die von Chinin bewirkte. Dafür ruft Kairin keinerlei üble Folgen hervor; nur sein brennender Geschmack ist unangenehm. Gegenwärtig wird etwas weniger Kairin dargestellt, weil das Antipyrin bei ähnlichen Eigenschaften größere Vorzüge bietet und billiger ist. Das Antipyrin wurde 1883 von L. Knorr in Erlangen entdeckt und auf seine Eigenschaften von F. Lehne geprüft. Die Stoffe zu seiner Herstellung sind Anilin und Acetoessigäther. Aus dem Anilin stellt man zuerst Phenylhydrazin her, welches sich mit Acetoessigäther zu Wasser, Alkohol und Pyrazol umsetzt. Wird Pyrazol mit Methyljodid behandelt, so entsteht methyliertes Pyrazol und dies ist das Antipyrin, welches sich mit der entstehenden Jodwasserstoffsäure vereinigt:



Die Constitution von Pyrazol und Antipyrin denkt man sich so:

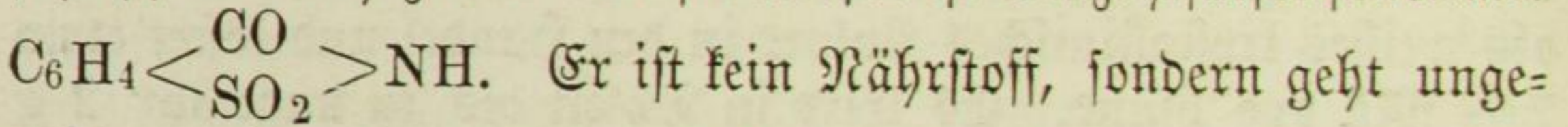


Das Antipyrin ist als Antifiebermittel in mancher Hinsicht nicht bloß dem Kairin, sondern sogar dem Chinin vorzuziehen. Die Wirkung ist ebenso sicher, wie bei Kairin, und dauert so lange an, wie bei Chinin. Das Antipyrin ist geschmack- und geruchlos, leicht löslich in kaltem Wasser und ohne Nachwirkungen nach dem Gebrauch. Es kommt in freier Form als weißes krystallinisches Pulver in den Handel und kostet etwa $7\frac{1}{2}$ Mk. pro Pfund. Es wird in Dosen bis zu ungefähr 2 g eingegeben und bewirkt alsdann Erniedrigung der Körpertemperatur um $1-2\cdot3^{\circ}$ C. Das dritte Antipyreticum ist Thallin, welches als weinsaures oder schwefelsaures Salz in den Handel kommt und als Gegenmittel bei gelbem Fieber empfohlen wird. Es wurde zuerst von Straup bei Einwirkung von Jodmethyl und Pottasche auf Paraorychinolin erhalten und ist seiner chemischen Natur nach Tetrahydroparachinanisol. Nähere Mittheilungen über das Thallin fehlen. — Alle drei Antipyretica aus Theerprodukten sind keine Antiperiodica und können also keineswegs das Chinin in Fällen von acuten oder Wechsel- fiebern ersetzen.

Von den Wohlgerüchen aus Kohletheer ist zunächst das Cumarin $C_9H_6O_2$ zu erwähnen, jener krystallinische Körper, den man im Waldmeister, in der Tonkabohne u. s. w. antrifft. Cumarin gewinnt man jetzt durch die Perkin'sche Reaction, d. h. durch Einwirkung von Essigsäureanhydrid auf salicylinsaures Natrium ($C_6H_4ONaCOH$); es wird in der Parfümerie als „extract of newmown hay“ (Extract des frisch gemähten Heus; — gewisse Grasarten enthalten ebenfalls Cumarin) verwendet. Viel bedeutender ist die Production an künstlichem Bittermandel- oder Mirbanöl, welches Nitrobenzol $C_6H_5NO_2$ ist und als Ersatz des natürlichen Bittermandelöls, zum Parfümiren der Seifen u. s. w. verwendet wird. Ein Gemisch desselben mit einer Lösung von künstlichem Vanillin giebt eine künstliche Heliotropessenz. Die natürliche stammt von einer besonderen Vanillenart und ist wahrscheinlich eine Mischung von Vanillin und natürlichem Bittermandelöl (Benzaldehyd C_6H_5COH). Das Vanillin selbst ist Methylprotocatechusäurealdehyd $C_6H_3OH(OCH_3)COH = C_8H_8O_3$; man kann es bereits künstlich darstellen (siehe dies. Jahrb. 12. 1876. S. 437. — 16. 1880. S. 359), aber nur von Natur-

produkten ausgehend. Da aber die Protocatechusäure sich von Theerprodukten aus gewinnen läßt, so ist begründete Hoffnung vorhanden, daß das Gleiche mit dem Vanillin gelingen werde.

Endlich müssen wir noch unter die aus Theer gewonnenen Stoffe das Saccharin rechnen, einen Körper der 220 mal so süß ist, als Rohrzucker. Dieser Körper ist Benzoylsulfonsäureimid



ändert, aber ohne schädliche Wirkung, durch den Körper. Seine Entdecker sind E. Fahlberg und J. Remsen. Die Gewinnung der Saccharins aus Toluol erfolgt in 7 Phasen. Zunächst wird Toluol in der Kälte mit rauchender oder bei höchstens 100° mit gewöhnlicher Schwefelsäure von 1.843 D behandelt, was in geschlossenen, an horizontalen Axen befestigten rotirenden Gefäßen geschieht: $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{OHCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Dabei findet vollständige Auflösung des Toluols nach und nach statt. Die Flüssigkeit gelangt nun zweitens in hölzerne mit kaltem Wasser beschickte Gefäße, in denen man so viel kohlen-sauren Kalk einrührt, daß der Ueberschuß der Schwefelsäure neu-tralisirt und die Toluolsulfonsäure (o und p) in das Kaltsalz ver-wandelt wird: $2 \text{C}_6\text{H}_4\text{HSO}_3\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{CaCO}_3 = (\text{C}_6\text{H}_4)_2\text{Ca}(\text{SO}_3)_2(\text{CH}_3)_2 + \text{CaSO}_4 + 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$. Der toluolsulfonsaure Kalk ist im Wasser löslich und wird auf Filter-pressen vom Gyps getrennt; letzteren wäscht man mit heißem Wasser völlig aus und giebt die Waschwässer zu dem ersten Filtrat. Drittens wird nun der toluolsulfonsaure Kalk in das Natron-salz durch Zusatz von Soda umgewandelt, wobei kohlen-saurer Kalk ausfällt: $(\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{CH}_3)_2\text{Ca} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + 2 \text{C}_6\text{H}_4\text{NaSO}_3\text{CH}_3$. Die Lösung des toluolsulfonsauren Na-triums wird vom Niederschlag wiederum auf Filterpressen ge-trennt. Sie wird nunmehr viertens in offenen oder in Vacuum-pfannen so weit eingedampft, daß eine herausgenommene Probe beim Erkalten erstarrt, worauf man die ganze Masse in hölzerne oder eiserne Mulden abläßt und hier zum Erkalten und Er-starren bringt. Die festen Klumpen werden zerkleinert und in einem Trockenraum, hierauf in einem Dampfschrank völlig ge-trocknet. Jetzt vermischt man fünftens die getrockneten Sulfo-nate mit möglichst trockenem Phosphortrichlorid, bringt die Mischung in einen verbleiten Eisenkessel und läßt einen Strom

von Chlor durch sie gehen. Die Temperatur muß durch Kühlen des Kessels geregelt werden. Nach beendeter Einwirkung wird das gebildete Phosphororychlorid abdestillirt und gesammelt; es findet Verwendung zur Chlorentwicklung aus Chlorkalk, wobei phosphorsaurer Kalk als Nebenprodukt abfällt. Das toluolsulfonsaure Natrium ist in Toluolsulfonsäurechlorid umgewandelt: $C_6H_4SO_2ONaCH_3 + PCl_3 + Cl_2 = C_6H_4SO_2ClCH_3 + POCl_3 + NaCl$. Jetzt ist es endlich möglich, die Ortho- von der Paraverbindung zu trennen. Läßt man nämlich den Apparat langsam abkühlen, so scheidet sich die Paraverbindung in großen Krystallen aus, während die Orthoverbindung flüssig bleibt. Man centrifugirt und wäscht mit kaltem Wasser nach. Das flüssige Orthotoluolsulfonsäurechlorid wird mit Eis gekühlt, wobei die letzten Reste der Paraverbindung auskrystallisiren und hierauf zur Saccharinbereitung verwendet, während man aus dem Paratoluolsulfonsäurechlorid Toluol, Salzsäure und Schwefelsäure gewinnt. Siebentens wird die Orthoverbindung mit festem kohlensaurem Ammon in richtigem Verhältnisse vermischt, wobei ein dicker Brei entsteht. Dieser Brei wird mit Dampf behandelt, wobei Orthotoluolsulfonsäureamid und Salmiak entstehen: $C_6H_4SO_2ClCH_3 + (NH_4)_2CO_3 = C_6H_4SO_2NH_2CH_3 + NH_4Cl + H_2O + CO_2$. Da die Mischung beim Erkalten erstarren würde, fügt man nach beendeter Reaction eine größere Menge von kaltem Wasser auf einmal hinzu, wodurch der Salmiak weggelöst wird. Das Amid ist ein fester Körper und wird in Centrifugen von der Lösung getrennt. Die achte und letzte Operation endlich ist die Oxydation des Amids durch Kaliumhyperpermanganat. Es entsteht Mangansuperoxyd, Alkali, Alkalicarbonat und Alkaliorthosulfamidobenzoat. Die Alkalinität muß fortwährend durch vorsichtigen Zusatz von Mineralsäure beseitigt worden, besonders ehe man abdampft, weil sonst Rückzersezungen unter Bildung von Ammoniak und Natriumorthosulfobenzoat eintreten. Der Oxydationsproceß spielt sich nach folgender Gleichung ab: $C_6H_4SO_2NH_2CH_3 + 3O + NaOH = C_6H_4SO_2NH_2COONa + 2H_2O$. Wird verdünnte überschüssige Salz- oder Schwefelsäure zugegeben, so scheidet sich reines Saccharin aus: $C_6H_4SO_2NH_2COONa + HCl = NaCl + H_2O + C_6H_4SO_2CONH$.

Das Saccharin ist weit süßer als Rohrzucker und hat einen sehr feinen Geschmack nach bitteren Mandeln. Es soll vorzüg-

liche antiseptische Eigenschaften besitzen. Deshalb ist es vielleicht zur Herstellung von Fruchtconserven geeignet. Stutzer in Bonn hat die völlige Unschädlichkeit des Saccharins nachgewiesen; dasselbe geht ungeändert in den Harn über. Vielleicht kann es also bei Diabetikern, denen rohrzuckerhaltige Nahrung verboten ist, als Versüßungsmittel dienen. In kaltem Wasser ist Saccharin schwer löslich, dagegen löst es sich leicht in Alkohol und Aether auf. Es schmilzt bei 200° unter theilweiser Zersetzung.

Aetherische Oele.

Wir entnehmen die folgenden Mittheilungen einem Berichte der „Chemiker Zeitung“¹⁾ über eine von L. Naudin der Société chimique zu Paris vorgelegte Schrift.

Schon das Wort Parfüm deutet auf das hohe Alter der Anwendung von Wohlgerüchen hin, denn es ist aus per fumum entstanden; die Völker des Alterthums verbrannten nämlich insbesondere den Weihrauch als Opfer für ihre Götter, denen der Geruch des Rauches angenehm war. Auch die Kunst, den Pflanzen, insbesondere Blumen ihre Wohlgerüche zu entziehen, ist uralt und merkwürdiger Weise beziehen sich alle Verbesserungen in ihr hauptsächlich auf die mechanische Seite des Verfahrens, während die Art und Weise der Parfümgewinnung selbst fast gänzlich ungeändert geblieben ist. Heutzutage ist ein Hauptsitz der Gewinnung von ätherischen Oelen, Parfümen und Essenzen das südliche Frankreich, speciell die Provence. Die verschiedenen gegenwärtig benutzten Verfahren sind die Destillation, die Extraction, die Auspressung u. s. w. und sollen hier eine kurze Schilderung finden.

Destillation mit Wasserdampf. Die Blumen, Körner, Hölzer, Wurzeln u. s. w. werden in einem Destillirkolben, einer Retorte und dergl. m. mit Wasser gekocht. Die Zellen der Pflanzentheile reißen und das ätherische Oel oder die Essenz wird mit dem Wasserdampf fortgeführt und in einer gekühlten Vorlage sammt letzterem verdichtet. Die Essenz sammelt sich in der Regel über dem Wasser an, welches letzteres man bei Anwendung einer Florentiner Flasche continuirlich ablaufen lassen

1) Chemik. Ztg. 7. 1883. S. 339. 357. 372. 388.

kann. Ursprünglich wurde über directem Feuer gearbeitet, was aber der Essenz leicht einen brenzlichen Geruch ertheilte. Deshalb erhitzte man später im Wasserbad. Auch hat man die Einrichtung getroffen, daß man die Pflanzenstoffe trocken in die Destillirblase giebt und den Dampf des die Blase heizenden Wasserbades über die Pflanzentheile leitet. Das Verfahren hat zwei Fehler: erstens ist die Temperatur zu hoch, so daß ein Theil des Parfüms zerstört wird, und zweitens wird das Parfüm durch Berührung mit dem Wasserdampf verändert, so daß es einen minder feinen Geruch erhält, als es in der Pflanze besitzt. Man spricht bei solchem Parfüm von „Retortengeruch“ (*goût d'alambic*).

Extraction in der Wärme (*Macération, Infusion*) (*enfleurage à chaud*). Man bringt die riechenden Pflanzentheile in heißes Oel und läßt auf dem Wasserbade digeriren. Sind die Pflanzen erschöpft, so nimmt man sie aus dem Oele und preßt letzteres so vollkommen wie möglich aus den Pflanzen aus. Die Nachtheile des Verfahrens liegen in dem Verluste an Oel, denn es bleibt stets ein gewisser Betrag davon in der Pflanze zurück, und in der theilweisen Zersetzung des Oels bei 100° , wobei dasselbe, und so auch das parfümhaltige Oel einen ranzigen Geruch annimmt.

Extraction in der Kälte *Absorption* (*enfleurage à froid*). Für besonders feine Blumengerüche, welche in der Wärme zu leicht zerstört werden, wendet man kaltes Oel an. Die Blumen werden in ein Tuch eingeschlagen und in das Oel eingetaucht; aller 24 Stunden muß man die Blumen erneuern. Da hierbei das Oel lange Zeit (oft einen Monat lang) der Luft, sowie der Berührung mit den zu Gährungsvorgängen neigenden Blumen ausgesetzt bleibt, so wird es ebenfalls leicht ranzig. Auch findet ein nur mangelhaftes Erschöpfen des Wohlgeruchs der Blumen und ein Verlust an Oel, welches in den Blumen zurückgehalten wird, statt. — An Stelle des Oels sind für warme wie kalte Extraction eine Anzahl anderer Stoffe vorgeschlagen worden, wie Glycerin und Zuckersyrup, Paraffin, Baselin u. s. w. Alle diese Stoffe haben aber wieder andere ihnen eigenthümliche Mängel, so daß man ihre Verwendung aufgeben mußte.

Auspreßverfahren. Dasselbe läßt sich nur für eine

bestimmte Klasse von Essenzen anwenden, z. B. für diejenigen aus Citronen, Orangen, Bergamotten u. s. w. Die Fruchtschalen werden einfach in ein Preßtuch eingeschlagen und in Pressen so lange gepreßt, als noch Saft abläuft. Letzterer wird durch Stehenlassen geklärt, das ätherische Del dann noch filtrirt. Dieses Verfahren ist von allen gebräuchlichen das beste, aber wie gesagt nur in beschränktem Maße anwendbar.

Extraction durch flüchtige Lösungsmittel. Diese Methode wurde zuerst im Kleinen 1835 von Robiquet angewendet und zwar zur Gewinnung des Tonquillenparfüms mit Hülfe von Aether. Später hat Millon als Lösungsmittel für Parfüme Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Methyl- und Aethylalkohol benutzt, aber vor allem den Aether als geeignet zu diesem Zwecke bezeichnet. Ferrand hat 1855 die Aetherextraction im Großen versucht. Die Blumen wurden in einen Wechselapparat gegeben und in demselben 10 Minuten lang mit Aether in Berührung gelassen. Die ätherische Lösung wurde in Retorten gebracht und der Aether abgedunstet, wobei das Parfüm als Rückstand blieb. Aber die Gefahren der Arbeit mit Aether in offenen Gefäßen, die Verluste an Aether und die Schwierigkeit, das Parfüm völlig vom Aether zu befreien, waren zu groß, als daß die Methode größere Bedeutung hätte gewinnen können. Lemettais und Bonnière suchten das Parfüm der trocknen Gewürze mit Hülfe von durch Alkali und Bleisalz gereinigtem Schwefelkohlenstoff zu extrahiren. Dabei blieb aber immer nicht ausgeschlossen, daß die erhaltenen Parfüme in Folge einer Zersetzung von CS_2 bei der Extraction einen ungehörigen Beigeruch annahmen. Deshalb suchte Deiß die Parfüme durch Waschen mit alkalischen Flüssigkeiten zu reinigen. Diese Idee war unglücklich, weil viele Wohlgerüche äußerst empfindlich gegen Alkali sind. G. Bille versuchte die Extraction mit Chloroform und H. Hirzel diejenige mit Petroleumäther. Keine dieser Methoden scheint bis 1878 industrielle Verwendung gefunden zu haben, was eben die Folge der oben für Aether genannten Mängel der Extractionsmethoden mit flüchtigen Lösungsmitteln ist.

Neue Methode von L. Naudin. Diese Methode beruht auf der Extraction der Parfüme und Essenzen durch flüchtige Lösungsmittel im Vacuum und bei niedriger Temperatur. Der Apparat hat folgende Einrichtung (siehe Fig. 35): A ist das Ex-

tractionsgesäß, statt dessen man auch mehrere systematisch angeordnete Gefäße, eine sogenannte Diffusionsbatterie aufstellen

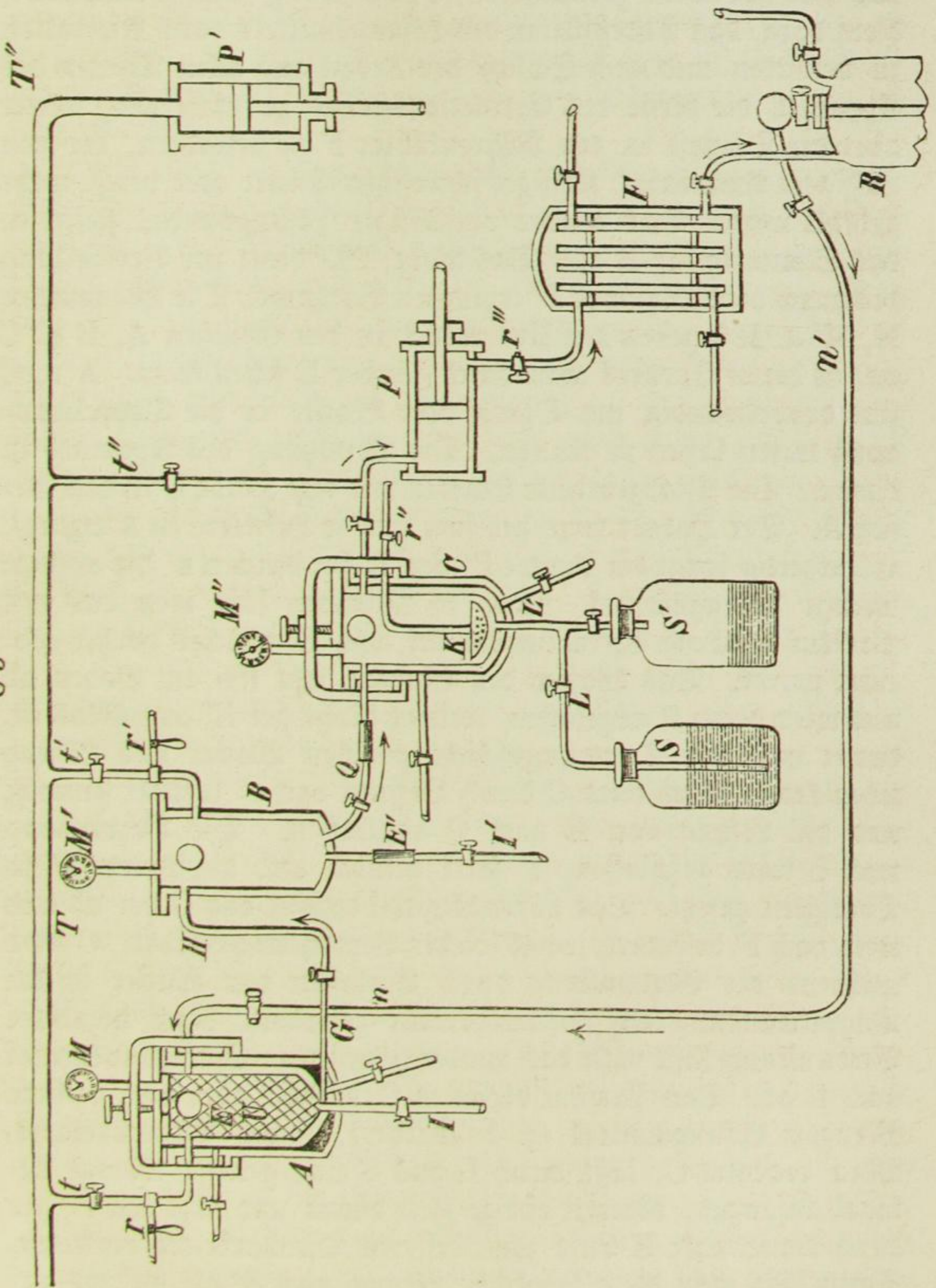


Fig. 35.

kann. B ist das Decantirgefäß, in welchem sich das Lösungsmittel von der mechanisch übergerissenen wässrigen Flüssigkeit, die bei

Anwendung frischer Blumen entsteht, abscheidet. C ist der Verdampfer, aus welchem das Lösungsmittel abdestillirt wird, während das Parfüm darin zurückbleibt. P, die Saug- und Druckpumpe, dient dazu, das Abdestilliren des Lösungsmittels durch Aspiration zu bewirken und nach Schluß der Arbeit aus allen Theilen des Apparats die Reste des Extractionsstoffes zu entfernen, weiter aber die Dämpfe in den Röhrenkühler F zu befördern, der mit flüssigem Ammoniak, flüssiger schwefliger Säure oder dergl. mehr gekühlt wird. Das wieder verflüssigte Lösungsmittel fließt in das Sammelgefäß R ab. Das Rohr TT' dient zur Vertheilung des durch die Luftpumpe P' erzeugten Vacuum's. Die Manometer M, M' u. M'' geben den Unterdruck in den Gefäßen A, B u. C an, in deren Inneres man durch Fenster E sehen kann. A u. C sind doppelwandig, um Dampf oder Wasser in die Doppelwandung treten lassen zu können. Die Benutzung des Apparats ist einfach. Die Pflanzentheile kommen mit dem Korbe U in das Gefäß A. Der Hahn t wird geöffnet und so Luftleere in A erzeugt. Gleichzeitig saugt die Pumpe P' von R her durch n n' die nöthige Menge Lösungsmittel. Nach 15 Minuten läßt man das mit Parfüm beladene Extractionsmittel nach B, welches vorher evacuirt wurde. Das Wasser der Blumen setzt sich am Boden ab und wird durch I' abgelassen, welches Rohr bei E' aus Glas ist, damit man die Trennungsschicht zwischen Wasser und Lösung sehen kann. Nun wird C durch Oeffnen von t'' luftleer gemacht und die Lösung von B nach C abgelassen. Die Verbindung nach B wird geschlossen, F stark gekühlt und die Pumpe P in Thätigkeit gesetzt. Das Lösungsmittel dunstet von C her ab und wird nach F befördert, wo es wieder Verdichtung erfährt. C wird während der Verdunstung durch Einlassen von Wasser in die Doppelwandung auf Lufttemperatur gehalten. Nach beendeter Verdunstung läßt man das wieder gewonnene Extractionsmittel nach R ab. Das Parfüm bleibt in C, enthält aber noch geringe Mengen Lösungsmittel (z. B. Aether), sowie Pflanzenwachs. Man evacuirt C, läßt durch L aus S eine gewisse Menge Alkohol ansaugen, digerirt einige Zeit damit und läßt von r'' her durch die Brause K Luft zum besseren Durcharbeiten eintreten. Dann läßt man die alkoholische Lösung nach S' ab, welches auf -10° gekühlt wird. Das Wachs scheidet sich aus und wird durch Filtration in der Kälte von der alkoholischen Lösung des Par-

föumß getrennt. Sollen parfümierte Oele oder Fette erzeugt werden, so braucht man das Wachs nicht zu beseitigen, sondern löst alsdann einfach den Rückstand in C im Oel oder Fette auf. Um die letzten Reste des Parfüms, welche die Blumen in A noch zurückhalten, zu gewinnen, leitet man in den Mantel von A Dampf und condensirt die entweichenden Dämpfe in einem besondern Kühler.

Die Vortheile des Verfahrens sind sehr wesentliche. Zunächst ist die Arbeit nicht feuergefährlich; weiter wird das Parfüm schnell und vollständig ausgezogen und in Folge der niedrigen Temperatur rein erhalten. Auch kann man mit Hülfe des Apparats solche Parfüme gewinnen, welche man ihrer zu leichten Zersezlichkeit wegen bisher nicht darzustellen vermochte. Wichtig ist auch, daß das Parfüm auf ein äußerst kleines Volumen condensirt erhalten wird und daher größere Haltbarkeit besitzt. Dies und sein feinerer Geruch lassen nach der Naudin'schen Methode bereitete Essenzen im Preise höher stehen. Schließlich kann man in dem Apparat äußerst flüchtige Lösungsmittel, z. B. Methylochlorid verwenden. Die Bewegung des Extractionsstoffes von einem Gefäße zum andern ist sehr einfach, weil sie durch Druckverschiedenheit bewirkt wird, und das Lösungsmittel circulirt in geschlossenen Gefäßen, ohne mit Luft in Berührung zu kommen.

An einigen weiteren Beispielen läßt sich die Vorzüglichlichkeit des neuen Verfahrens noch besser zeigen. Das Einern der Blumen ist sehr wesentlich für das zu erhaltende Parfüm; fast zu jeder Tagesstunde ist der Geruch der Blume ein etwas anderer. Die Nelke liefert ein gutes Parfüm nur, wenn sie nach längerer Sonnenbestrahlung geerntet wird; Rosen muß man dagegen des Morgens pflücken, ehe sie völlig geöffnet sind. Jasminblüthe verlangt einige Minuten Sonnenschein; Cassiablüthe liefert stets ein liebliches Parfüm, aber ein verschiedenes je nach der Tageszeit der Ernte. Bei dem älteren Destillationsverfahren braucht man nicht so peinlich mit der Ernte zu sein, da sich kleine Verschiedenheiten in der Güte der Blumen im Parfüm nicht erkennen lassen. Das Naudin'sche Verfahren dagegen liefert so reine Essenzen, daß die geringste Qualitätsänderung in den Blumen sofort eine solche im Geruche des erhaltenen Parfüms nach sich zieht. Die Wahl des

Extractivstoffes muß eine für jede Art Wohlgeruch geeignete sein, wenn man ein reines Parfüm erzielen will. Hat man aber einmal das Lösungsmittel richtig gewählt, so darf man auf überraschende Resultate rechnen; so z. B. ließen sich mit einer Mischung von Butyl- und Amylalkohol aus verschiedenen Sorten von gebranntem Kaffee ebensoviele charakteristisch unterschiedene Parfüme erhalten. Sind also die nach Naudin's Methode erhaltenen Wohlgerüche die reinsten und in Bezug auf die Sorgfalt, mit welcher man für ein einheitliches vorzügliches Pflanzenmaterial sorgen muß, empfindlichsten Parfüms, welche man kennt, so ist andererseits die Haltbarkeit der reinen Parfüms auch eine viel größere, als man gewöhnlich annimmt. Die reinen Essenzen sind erstens keineswegs so flüchtig, daß man sie in sorgfältig verschlossenen Gefäßen aufbewahren müßte. Sie lassen sich in offenen Büchsen ohne große Verluste aufheben. Zweitens verändern sie bei jahrelanger Berührung mit der Luft keineswegs ihre Güte. Vielmehr scheint das Verderben von Parfüms von fremden Beimischungen, also von Verunreinigungen, veranlaßt zu werden. Solche fremde Beimischungen können selbst durch sorgfältig gewählte Blumen veranlaßt werden, wenn man dieselben längere Zeit bei Gegenwart von Luft sich selbst überläßt. Ist man einmal dazu gezwungen, z. B. wegen zu reicher Ernte bei ungenügender Anzahl von Extractionsapparaten, so soll man die Blumen in luftleeren mit Aetherdämpfen gefüllten Behältern aufbewahren.

Ueber die chemische Natur der Parfüme ist noch nichts sicheres bekannt, was an der außerordentlich geringen Menge von Parfüm in den Blumen liegt. Häufig ergiebt 1 kg Blumen nur 0.001 g reines Parfüm. Wie es scheint, ist das Parfüm ein fester, gewöhnlich bei Lufttemperatur nicht flüchtiger Stoff, welcher in den Pflanzen in nur unwägbarren Mengen vorkommt. Das Parfüm ist in der Regel mit Extractivstoffen ohne Zersetzung flüchtig und für sich unbegrenzt diffusibel in Luft, d. h. es verbreitet sich deutlich wahrnehmbar, ohne daß es merklich an Gewicht verliert. Ebenso theilt es seinen Wohlgeruch dem Wasser mit. Vielleicht, daß die Naudin'sche Methode, welche das reine Parfüm liefert, über die chemische Natur der Parfüms neues Licht verbreitet. Bekannt ist, daß die sauerstofffreien ätherischen Oele Kohlenwasserstoffe von der Zusam-

mensetzung C_nH_{2n-4} , gewöhnlich $C_{10}H_{16}$, sind, daß aber auch sauerstoffhaltige Gemische von diesen mit ersteren und endlich schwefelhaltige ätherische Oele existiren. Einen Fingerzeig liefert vielleicht die Thatsache, daß eine Reihe von ätherischen Oelen durch den Einfluß des Lichtes oder durch Kochen mit Alkalilösung schnell den Eigengeruch verlieren und den Geruch von Terpentinöl (so z. B. die ätherischen Oele aus Bergamotten, Orangen u. s. w.) oder von Hopfen (ätherische Oele aus gewissen Umbelliferen, z. B. die sog. Angelicaessenz) annehmen. Das Terpentinöl wenigstens gehört zu den am genauesten studirten ätherischen Oelen. Werden ätherische Oele stark abgekühlt, so scheidet sich oft ein fester krystallinischer Stoff aus, während ein Theil flüssig bleibt. Möglich, daß die Essenzen oder Parfüms aus einer Lösung eines festen in einem flüssigen Körper bestehen. Millon unterscheidet dem entsprechend zwischen der Essenz und dem eigentlichen Parfüm (fest).

Häufig Bestandtheile der ätherischen Oele und den letzteren zweifellos sehr nahe stehend sind die Terpene. Ueber sie hat D. Wallach¹⁾ eine Reihe sehr wichtiger Untersuchungen angestellt, deren Hauptresultate, soweit sie uns an dieser Stelle interessiren, die folgenden sind. Veranlassung zu den Arbeiten gab die Thatsache, daß im Laufe der Zeit eine große Reihe gleich zusammengesetzter Verbindungen beschrieben wurden, welche in verschiedenen ätherischen Oelen sich fanden. Insbesondere sind da zu nennen die Kohlenwasserstoffe der Formel $C_{10}H_{16}$, z. B.:

- Terpen, im Terpentinöl.
- Camphen, aus Terpentinöl.
- Citren, im Citronenöl.
- Carven, im Kümmelöl.
- Cynen, im Wurmseedöl.
- Cajeputen, im Cajeputöl.
- Eucalypten, im Eucalyptusöl.
- Hesperiden, im Pomeranzenschalenöl.
- Pinen, im Terpentinöl.
- Sylvestren, im Terpentinöl.
- Terpinen, im Terpentinöl.

1) Lieb. Ann. 225. 1884. S. 291. 314. — 227. 1885. S. 277. — 230. 1885. S. 225.

Simonen, im Simonenöl.
 Dipenten, im Terpentinöl.
 Terpinolen, im Terpentinöl.

Wallach constatirte zunächst, daß die ätherischen Oele meist Gemische von sauerstoffhaltigen, dem Campher nahe stehenden Verbindungen mit Terpenen sind. Das Mischungsverhältniß ist ein verschiedenes. Wahrscheinlich sind die Terpene unter sich und die sauerstoffhaltigen Körper unter sich identisch. Im oleum cinæ oder Wurmsamenöl findet sich z. B. Cineol $C_{10}H_{18}O$ gemischt mit Cinen $C_{10}H_{16}$. Das Cineol ist isomer mit Borneol, das Cinen besitzt die Formel der Terpene. Bei näherer Untersuchung ergab sich, daß Cineol identisch sei mit einem gleich zusammengesetzten Körper im Cajeputöl, dem Cajeputol, und in ähnlicher Weise wurde die Identität einer großen Anzahl von sog. Terpenen wahrscheinlich gemacht oder nachgewiesen. Die Untersuchungen ergaben, daß folgende Terpene identisch seien: 1) Die bei $175-176^{\circ}$ siedenden Antheile des Pomeranzenschalenöls (Hesperiden), Zitronenöls (Citren), Kümmelöls (Carven), Bergamottöls, Erigeronöls, Fichtennadelöls, Dillöls; 2) Die bei $180-182^{\circ}$ siedenden Terpene Cinen, Cajeputen, Kautschin, Diisopren; die entsprechend siedenden Antheile aus Campheröl; das Produkt, welches bei Erhitzung von Terpenen auf $250-270^{\circ}$ entsteht; das Zeretzungsprodukt aus bei $49-50^{\circ}$ schmelzenden Terpendichlorhydrat $C_{10}H_{16}, 2HCl$ durch Anilin. Durch diese Thatsachen wird zunächst die Auffassung der chemischen Natur der Terpene wesentlich vereinfacht. Dazu kommt noch, daß so verschiedene Terpene wie Terpentinöl (Sdpkt. 160°), Hesperiden (Sdpkt. $175-176^{\circ}$) und Cinen (Sdpkt. $180-182^{\circ}$) dasselbe Chlorhydrat $C_{10}H_{16}, 2HCl$ liefern, aus welchem unter allen Umständen durch Salzsäureabspaltung Cinen entsteht. Auf Grund dieser Thatsachen und anderer hier nicht ausführlich erwähnter Untersuchungsergebnisse ergibt sich nach Wallach folgende Classification der Terpene:

A. Hemiterpene oder Pentene. C_5H_8 .

Isopren, Valerylen. Dieselben gehen durch Polymerisation in denselben Kohlenwasserstoff $C_{10}H_{16}$ über.

B. Eigentliche Terpene. $C_{10}H_{16}$.

- 1) Pinengruppe. Hauptsächlich den Pinusarten entstammend. Sdpkt. um 160° ; flüssige Bromadditionsprodukte; Nitrosoderivate mit Schmelzpunkt 129° ; gesättigte Monochlorhydrate; durch Hitze in Glieder anderer Gruppen verwandelt.
Terebenten, Australen.
- 2) Camphengruppe. Feste Terpene; Schmelzpt. gegen 50° ; Sdpkt. unter 160° .
- 3) Limonengruppe. In den Limonen vorkommend, nach diesen riechend; Sdpkt. $175-177^{\circ}$; Nitrosoderivate mit Schmelzpt. 71° ; Tetrabromide m. Schmelzpunkt $104-105^{\circ}$; geben mit HCl das Dipentendichlorhydrat; durch Hitze in Dipenten verwandelt.
Hesperiden, Citren, Carven.
- 4) Dipentengruppe. Entstehen aus C_5H_8 ; Sdpkt. $180-182^{\circ}$; Limonengeruch; Tetrabromid mit Schmelzpt. $125-126^{\circ}$; Dichlorhydrat mit Schmelzpunkt $49-50^{\circ}$; durch Hitze in polymere Körper verwandelt.

Diisopren, Cinen, Cajeputen, Kautschin, Isoterebenten.

C. Polyterpene (C_5H_8)_x. Theils Natur, theils Kunstprodukte aus Gliedern der Classen A und B. Wenig untersucht.

- 1) Sesqui- oder Tripentene $C_{15}H_{24}$. Sdpkt. $250-260^{\circ}$.
Cedren, Cubeben.
- 2) Tetrapentene oder Diterpene $C_{20}H_{32}$. Sdpkt. über 300° .
Colophen.
- 3) Polyterpene der Formel $(C_{10}H_{16})_x$.
Kautschuk.

Weitere Untersuchungen haben für einige Terpene die Gruppierung in zwei Reihen ergeben, deren entsprechende Glieder nahezu gleichen Siedepunkt haben:

I.

Pinen	Sdpkt.	$159-161^{\circ}$
Sylvestren	=	$173-175^{\circ}$
Terpinen	=	$179-182^{\circ}$

II.

Camphen	Sdpkt.	160—161°
Limonen	=	175°
Dipenten	=	180—182°
Terpinolen	=	(185—190°).

Das Terpinen ist noch nicht näher untersucht. Das Camphen ist fest. Limonen, Dipenten und Terpinolen liefern kry-
stallisirte Tetrabromide. Da Wallach seine verdienstlichen Ar-
beiten fortsetzt, so steht zu hoffen, daß auch über die sauerstoff-
haltigen Bestandtheile der ätherischen Oele und schließlich über
die chemische Natur der letzteren Licht verbreitet werde.

Rosenöl.¹⁾ — Der Hauptort der Rosenölfabrication ist
gegenwärtig Rezanek in der Türkei. Man gewinnt es haupt-
sächlich aus blassen Rosen, insbesondere aus der Muskatrose,
die einen viel stärkeren Geruch besitzt, als alle anderen Sorten.
In Retorten mit stark gewölbtem Helm bringt man je 10 kg
trockne Rosen und 75 kg Wasser, worauf man bis zum De-
stilliren erhitzt. Die Dämpfe werden in einem Kühlrohre ver-
dichtet. Man erhält von der genannten Beschickung ungefähr
20 kg Rosenwasser. Dieses unterwirft man einer zweiten De-
stillation, wobei man ein Destillat bekommt, welches aus 2
Schichten besteht. Die obere Schicht ist das Rosenöl, welches
man sammelt. Es besteht aus einem festen und einem flüssigen
Antheil, die in verschiedenen Verhältnissen gemischt sind. Bei
15° C erstarrt das Rosenöl zu einer butterartigen Masse, in
der man glänzende durchsichtige nadelförmige Krystalle erkennt.

Der hohe Preis des Rosenöls ist Ursache zu zahlreichen
Verfälschungen desselben. Dieselben bestehen in Zusätzen
von billigeren ätherischen Oelen. Da hierdurch aber das Rosen-
öl ungefrierbar werden würde, muß man noch Walrat hinzu-
fügen. Ein solcher Zusatz läßt das Rosenöl beim Erkälten starr,
aber beim nachherigen Erwärmen nie wieder so flüssig werden,
wie reines Rosenöl; auch giebt das so verfälschte Rosenöl auf
Papier einen bleibenden Fettsleck. Die hauptsächlich als Ver-
fälschungen verwendeten ätherischen Oele sind sorgfältig ausge-
waschenes Geraniumöl (afrikanisches Rosenöl) und Rosenholzöl

1) Savonnerie 1. 1884. p. 127. — Seifenfabrikant 6. 1886.
S. 213.

(aus *convolvulus scoparius*). Diese beiden Oele erkennt man daran, daß sie Farbe und Geruch bei Einwirkung von Jod oder von conc. Schwefelsäure verändern, was Rosenöl nicht thut. Auch wird Geraniumöl durch salpetrige Dämpfe apfelgrün, Rosenöl dagegen dunkelgelb gefärbt.

Neuerdings wird Rosenöl vielfach in Deutschland dargestellt. So z. B. von Gebrüder Schultheiß in Steinfurth, von der bekannten Fabrik ätherischer Oele von Schimmel u. Co. in Leipzig u. s. w. Die Steinfurth'sche Firma betreibt die Rosencultur selbst in großem Maßstabe, während die Leipziger Fabrik hauptsächlich bestrebt ist, die Landwirthe der Umgegend auf das Lohnende der Rosencultur hinzuweisen und von denselben die erzeugten Rosen, bez. deren Blätter anzukaufen. Beide Fabriken haben sehr günstige Resultate erzielt. Gebr. Schultheiß erhielten aus 25 kg Centifolienblättern 16 g Rosenöl, aus derselben Menge von Blättern der Bourbon-, Remontant- und Theerose 6 g Del. Auch die Leipziger Fabrik zieht die Centifolienblätter vor. Das erzeugte Del übertrifft das türkische Rosenöl an Aroma und leichter Gefrierbarkeit und wird demgemäß fast doppelt so hoch bezahlt wie türkisches Del. Letzteres gefriert bei $+20^{\circ}$, das deutsche Rosenöl bei $+32^{\circ}$.

Wintergrünöl. — Das Wintergrünöl wird häufig als Zusatz zu kohlenfauren und gegohrenen Getränken benutzt. Es ist bekanntlich das ätherische Del der Pflanze *Gaultheria procumbens* und enthält als Hauptbestandtheil Salicylsäuremethylester $C_6H_4(OH)COOCH_3$. Das Del wird hauptsächlich in Amerika, und zwar in den virginischen und pennsylvanischen Gebirgen, besonders den Sandsteinhöhen von Blue Ridge entlang, fabricirt. Seine Gewinnung ist einfach.¹⁾ Am frühen Morgen werden die Pflanzen gesammelt und zerkleinert; größere Stücke werden geschält. Der Destillationsapparat besteht: aus einem Ofen, der aus losen Steinen gebaut ist und über welchem sich der Kessel befindet; aus diesem Kessel, der ein Holzgefäß ist, welches nach der Feuerung zu mit Eisenblech beschlagen wird; einem hölzernen Deckel zu diesem hölzernen Kessel und einem Zinnrohre, welches in diesem Deckel angebracht ist; einem be-

1) Seifenfabrikant 5. 1885. S. 149.

ständig mit frischem Wasser aus dem Bach gefüllten Troge, durch welchen das Zinnrohr hindurchgeht; und endlich aus einem Fasse, in welchem ein Glaskrug steht. Ueber diesem Kruge befindet sich das offene Ende des aus dem Troge hervorragenden Zinnrohrs. In den Kessel kommt das zerkleinerte Wintergrün, nachdem derselbe zu einem Drittel mit Wasser gefüllt worden ist. Ist der Kessel voll, so legt man den Deckel auf und fängt zu heizen an. Das Feuer muß sorgfältig geregelt werden. Sobald der Kesselinhalt zu sieden beginnt, wird das Zinnrohr im Troge gekühlt, und das condensirte Wasser, wie das Del fließen in den Glaskrug ab. Das Del ist schwerer als Wasser, sammelt sich daher am Boden des Kruges, während das Wasser in das Faß abläuft. Am nächsten Tage unterwirft man das Wasser einer nochmaligen Destillation. Das Wintergrünöl im Kruge ist weiß bis roth, hat einen eigenthümlich angenehmen Geruch und süßen Geschmack. Es wird mit einem Apparate täglich etwa ein halbes Liter Wintergrünöl erzeugt. Fehlt es einmal an Wintergrün, so werden häufig Birkenrinde und andere Theile der Birke zur Delbereitung benutzt. Bekanntlich kann man Salicylsäuremethylester auch aus der Birkenrinde (*Betula lenta*) gewinnen, in welcher der Ester jedoch nicht fertig vorhanden zu sein, sondern vielmehr erst durch eine Art Gährung sich zu bilden scheint.

Cocaïn.

Das Cocaïn ist in neuerer Zeit zu so vielfacher Anwendung gelangt, und man hört so häufig von demselben sprechen, daß es wohl angezeigt erscheint, wenn das Jahrbuch etwas eingehendere Mittheilungen über dasselbe bringt, als es im 2. Bd. (1866) S. 286 bisher gethan hat. Die ausführlichsten Berichte über das Cocaïn rühren von E. Merck und von E. K. Squibb her.¹⁾ Das Cocaïn $C_{17}H_{21}NO_4$ ist ein Alkaloid der Cocablätter (Blätter von *Erythroxylon coca*) und wurde aus denselben 1855 und 1860 isolirt. Weitere Bestandtheile der Cocablätter sind das Hygrin, ferner das Ecgonin, die Cocagerbsäure und ein eigenthümliches Wachs. Das Cocaïn krystallisirt monosymmetrisch; die Krystalle schmelzen bei

1) Chem. Centralbl. (3) 16. 1885. S. 46. 766. 781. 926.

98^o, lösen sich leicht in Weingeist und noch leichter in Aether, dagegen erst in 704 Thl. Wasser von 12^o. Das Cocain ist nicht flüchtig und reagirt stark alkalisch. Die Salze des Cocains sind im Wasser leicht löslich. Die Cocapflanze gedeiht besonders in den regenreichen Gegenden Südamerikas, und die dortigen Eingeborenen kauen die Cocablätter, hauptsächlich um die Folgen großer Anstrengungen auszugleichen. Ganz richtig ist der von den Indianern gewöhnlich gemachte Zusatz von alkalihaltiger Pflanzenasche, da das Alkali die Gerbsäure bindet und das Alkaloid frei macht. Die Pflanze wurde bereits 1749 zum ersten Male nach Europa gebracht. Das Cocain wurde zuerst 1855 von Gaedcke isolirt und 1860 näher von Niemann untersucht.²⁾

Seit man das Cocain rein darstellen kann, hat man Versuche über seine Wirkung in großer Zahl angestellt. Cocain wirkt auf die Nerven in kleinen Gaben meist erregend, in großen lähmend. Es ist kein Zweifel, daß es ein Gift ist, aber jedenfalls ein relativ schwaches. Die tödtliche Dosis für Menschen liegt voraussichtlich sehr hoch. Cocain ist ein Stimulans, welches die Leistungsfähigkeit des Körpers in ungefährlicher Weise auf kurze Zeit erhöht und dabei stärker als Alkohol wirkt. Es ist ferner ein Magenmittel, welches bei verdorbenem Magen rasche Erleichterung verschafft. Wichtiger ist, daß Cocain den Morphiumhunger der Morphinisten zu beseitigen scheint, vielleicht in gleicher Weise auch gegen Alkoholsucht einwirkt. Am bedeutsamsten ist die Einwirkung des Cocains auf die Schleimhäute, welche vorübergehende absolute Gefühllosigkeit erhalten, wenn Cocainlösung auf sie gebracht wird. Ganz besonders bei Augen- und Ohrenoperationen wendet man daher gegenwärtig das Cocain, und zwar als salzsaures Salz (Cocainum muriaticum solubile) an. In Folge des steigenden Verbrauchs an Cocain waren alsbald aus Südamerika keine guten Cocablätter mehr zu haben, was zur Folge hatte, daß man der Cultivirung des Cocastrauchs besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden begann. La Paz in Bolivia ist der Hauptmarkt für Cocablätter. Es kommen dort zwei Sorten zum Verkauf, peruanische und bolivianische Blätter. Die ersteren sind kleiner, schmaler, dünner und spröder

2) Chemik. Ztg. 9. 1885. S. 155.

als die bolivianischen, daher sie mehr Bruch beim Verpacken liefern. Sie sind hellgrün im frisch getrockneten Zustand und werden unansehnlich und gelblichgrün bei langem Lagern. Die bolivianischen Blätter sind größer, ovaler, stärker und minder zerbrechlich, auf der Oberseite grün, auf der Unterseite heller. Auf der Unterseite zeigen sie zu beiden Seiten der Mittelrippe eine charakteristische Ellipse. Beim Lagern werden sie gelblichbraun bis braun. In Geruch und Geschmack sind sich beide Arten gleich. Die Güte der Blätter hängt wesentlich von der Sorgfalt des Einsammelns, des Trocknens und Verpackens ab. Der Cocastrauch gedeiht am besten in terrassenförmig angelegten Plantagen bei 3000—6000 Fuß Höhe über dem Meere. Der Samen wird im August in Beete gesät; die jungen Pflanzen werden im Juni des nächsten Jahres in die Plantagen verpflanzt. Die Blätter werden dreimal im Jahre (Januar, Mai, October) geerntet und auf geneigtem Stein- oder Schieferpflaster in der Sonne getrocknet. Die trocknen Blätter werden in Ballen zu 25 Pfd. gepreßt und in grobe Leinwand eingenäht. Zwei solcher Ballen (Cesta) werden mit einem Gewebe aus der Rinde des Bananenbaums in ein Bündel von 50 Pfd. vereinigt, welches Tambor genannt wird. Die trocknen Cocablätter müssen trocken und kühl aufbewahrt werden, wenn sie nicht leiden sollen. Im günstigen Falle enthalten die Blätter 0.4 Proc. Cocain.

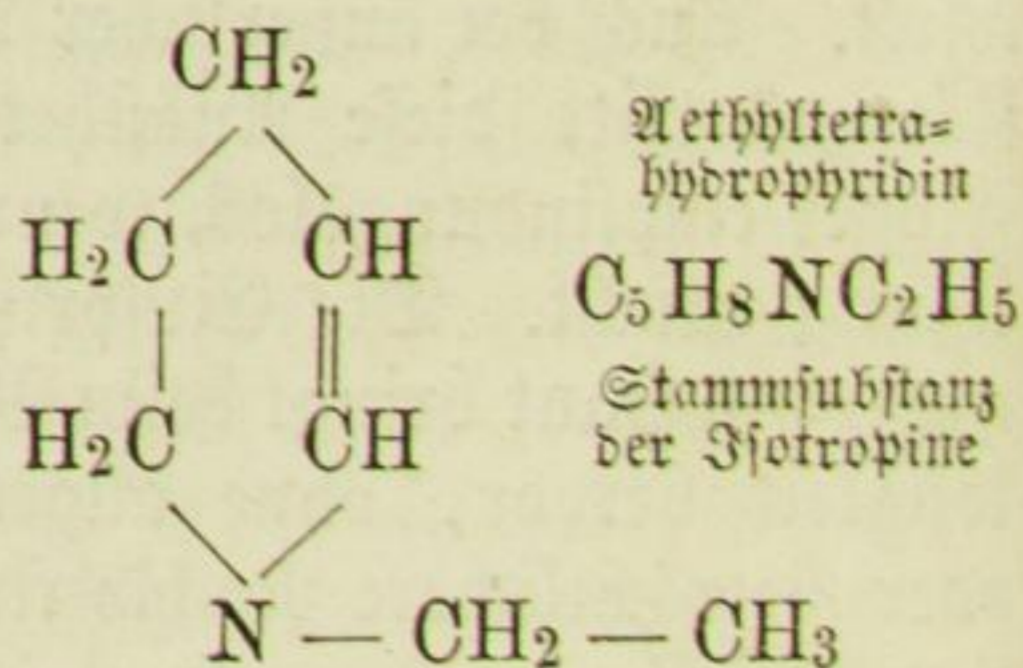
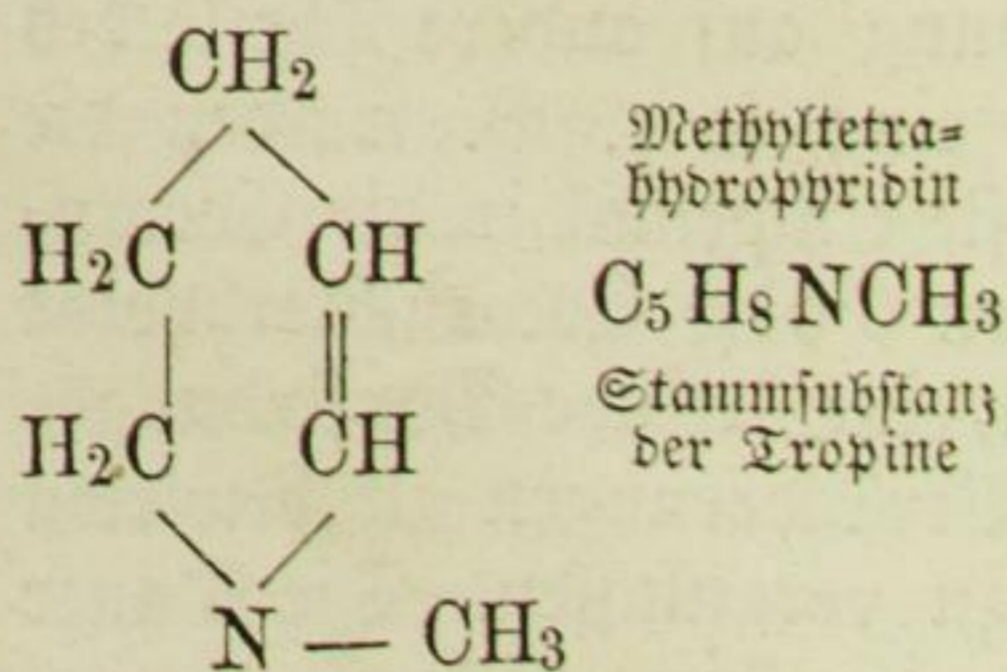
Die Darstellung des Cocains geschieht wie folgt, Eine größere Menge von Blättern wird gemahlen und mit dem gleichen Gewicht einer Mischung aus 1 Thl. Schwefelsäure und 60 Thl. Alkohol (92 procentig) vermischt, hierauf in einen großen Perkulationsapparat gebracht und bis zur völligen Erschöpfung der Blätter mit Alkohol ausgezogen. Aus den vereinigten Extractflüssigkeiten destillirt man den Alkohol ab und vermischt den sauren Rückstand mit Wasser, worauf man absitzen läßt. An der Oberfläche sammelt sich eine dunkelgefärbte Schicht, welche man abhebt und nochmals mit Wasser ausschüttelt. Der wässrige Auszug wird mit dem zuerst verbliebenen vereinigt und das Ganze filtrirt. Das Filtrat versetzt man mit viel Aether und macht es durch Soda alkalisch. Mit dem Aether schüttelt man wiederholt aus, destillirt die vereinigten ätherischen Auszüge ab, nimmt mit Wasser, welches 0.2 Proc. Schwefelsäure enthält, den Rückstand auf und schüttelt ihn von neuem

mit Aether. Das Cocain bleibt hierbei in der schwefelsauren Lösung. Diese letztere macht man abermals mit Soda alkalisch, und zieht das Cocain mit Aether aus. Nach dem Verdunsten des Aethers bleibt das Cocain als gelbbraune krystallinische Masse zurück. Dieselbe wird mit wenig Wasser angerührt und durch Zusatz von Schwefelsäure zur völligen Lösung gebracht, darauf auf das 5fache Gewicht des rohen Cocains verdünnt und durch Thierkohle filtrirt. Jetzt hat man eine klare Lösung von Cocain, die aber auch noch das Hygrin enthält. Das letztere entfernt man, indem man auf der Thatsache fußt, daß Soda zuerst das Hygrin ausscheidet. Man setzt vorsichtig Sodaaflösung zu, bis ein bleibender Niederschlag entsteht. Derselbe wird durch Schütteln mit Aether entfernt. Nunmehr fällt man das Cocain mit Soda und nimmt es ebenfalls mit Aether auf. Die ätherische Cocainlösung verdunstet man und verwandelt das rückständige Cocain durch vorsichtigen Salzsäurezusatz in das Chlorhydrat. Die Ausbeute ist eine verschiedene; sie beträgt in der Regel 0.27 bis 0.34 Proc. reines Cocain. Bei der ganzen Operation ist zu bedenken, daß Alkalien das Cocain in der Wärme zerstören. Zur Conservirung von Cocainlösungen ist Salicylsäure zu empfehlen.

Nach den Untersuchungen von Vulpian und von J. Grasslet¹⁾ steht fest, daß eine wässrige Lösung von salzsaurem Cocain (Gehalt $\frac{1}{100}$) 3 bis 4 Minuten nach dem Einträufeln unter die Augenlider eine vollkommene Gefühllosigkeit der Bindehaut und der durchsichtigen Hornhaut für wenige Minuten bewirkt. Auch bei äußerlicher Anwendung auf andere Theile des Körpers tritt diese Anästhetisirung ein; so z. B. werden die Finger empfindungslos, wenn man sie einigemal in die Cocainlösung taucht. Die Einspritzung von 0.01g Cocainchlorhydrat unter die Haut bringt beim Menschen eine örtliche Empfindungslosigkeit hervor, ohne allgemeine Veränderungen zu bewirken oder beträchtlichere Nachwirkungen zu veranlassen. Die Dauer der Anästhesie ist groß genug, um eine chirurgische Operation während derselben vorzunehmen. Die Wirkung des Cocains scheint durch Chloral aufgehoben zu werden.

1) Comptes rendus 99. 1884. p. 836. 885. 983. 1122. — 100. 1885. p. 364.

Ueber die Constitution des Cocains haben G. Salmelß und E. Gossin²⁾ die folgende Ansicht. Wird salzsaures Cocain in einer geschlossenen Röhre mit Barythydrat und Wasser 12 Stunden auf 120° erhitzt und alsdann der Inhalt der Röhre der Destillation unterworfen, so destillirt zunächst Methylalkohol ab. Der Rückstand wurde im Wasser vertheilt und mit Kohlensäure behandelt, wobei sich nach dem Eindampfen Benzoesäure und Ecgonin im Rückstand fanden. Das Ecgonin ist ein Körper, der sich schon als Begleiter des Cocains in den Cocablättern vorfindet. Das Baryumsalz des Ecgonins besaß die Zusammensetzung $(C_9H_{14}NO_3)_2Ba + nH_2O$ und das Ecgonin selbst enthält nach den angestellten Untersuchungen offenbar eine Alkoholgruppe mit $(OH)^I$ und eine Säuregruppe $(COOH)^I$. Im Cocain ist der H dieser beiden Gruppen esterificirt, d. h. durch Alkyl vertreten. Aus weiteren Reactionen ergab sich, daß Cocain, Ecgonin und ein unter gewissen Umständen aus letzterem zu gewinnendes Isotropin vom Methyltetrahydro-*pyridin* abstammen (*Pyridin* C_5H_5N). Es ist nämlich Isotropin = Metholäthyltetrahydro-*pyridin*, Ecgonin = Metholäthyltetrahydro-*pyridin*kohlen-säure und Cocain = Methylbenzometholäthyltetrahydro-*pyridin*carbonat. Wahrscheinlich muß man die Basen $C_8H_{15}NO$, welche dem Pflanzenreiche entstammen (*Tropin*, *Pseudotropin*, *Isotropin* u. s. w.) und die ihnen verwandten Basen *Oxytropin*, *Ecgonin* u. s. w. in zwei Gruppen, die *Tropine* und die *Isotropine*, eintheilen. Diese beiden Gruppen werden durch folgende Structurbilder versinnbildlicht:



Als Nebenprodukt der Cocainfabrication fällt ein zweites Alkaloid ab, welches Benzoyl-ecgonin ist. Das Ecgonin besitzt die Formel $C_9H_{15}NO_3$, das Benzoyl-ecgonin dagegen

1) Comptes rendus 100. 1885. p. 1143.

die Formel $C_9H_{14}(C_7H_5O)NO_3 = C_{16}H_{19}NO_4$ (nach Merck) oder $C_{16}H_{19}NO_4 + 4H_2O$ (nach Straup.) Den Bemühungen von Jd. H. Straup und von W. Merck¹⁾ ist es gelungen, von diesem Körper aus künstliches Cocain darzustellen. Das Benzoylcegonin unterscheidet sich vom Cocain durch das Fehlen einer Methylgruppe, daher es nahe lag, das Benzoylcegonin durch Methylierung in Cocain überzuführen. Man löst zu diesem Zwecke Benzoylcegonin, Jodmethyl und Aetzkali in Methylalkohol und erhitzt die Lösung im geschlossenen Rohre mehrere Stunden auf 100° . Hierbei spielt sich die Reaction $C_9H_{14}(C_7H_5O)NO_3 + CH_3J + KOH = C_9H_{13}(CH_3)(C_7H_5O)NO_3 + KJ + H_2O$ ab. Der Körper $C_9H_{13}(CH_3)(C_7H_5O)NO_3 = C_{17}H_{21}NO_4$ zeigte alle Reactionen des Cocains und mithin ist das letztere Methylbenzoylcegonin. Auch die entsprechende Aethylverbindung ($C_{18}H_{23}NO_4$ Cocäthylin) ist hergestellt worden und scheint gleichfalls anästhetisirende Wirkung zu besitzen. Uebrigens stehen die Straup'schen Untersuchungen zum Theil in Widerspruch mit denen von Calmels und Gossin.

Nachtrag zu „Germanium“.

Während des Druckes dieses Bandes vom Jahrbuch sind von E. Winkler ausführlichere Mittheilungen über das Germanium²⁾ veröffentlicht und vom Verfasser gütigst übersendet worden. Wir entnehmen denselben in Kürze die folgenden Angaben, welche das auf Seite 313 u. f. Gesagte zum Theil ergänzen, zum Theil berichtigen. — Der Argyrodit hat muthmaßlich die Zusammensetzung $3Ag_2S, GeS_2$ sulfogermaniumsaures Silber. Das Germanium wird von HCl nicht, von Königswasser leicht gelöst, von HNO_3 in weißes Oxid verwandelt, von Kalilauge nicht angegriffen. Atomgew. = 72.32 ; Atomwärme = $5.33 - 5.58$; specifische Wärme = 0.1293 ; Molekulärwärme = 13.48 . Das Funkenpectrum zeigt 1 Linie

1) Chem. Centralbl. (3) 16. 1885. S. 841. — Berl. Ber. 18. 1885. S. 1594. 2264. 2952.

2) J. f. p. Ch. N. F. 34. 1886. S. 177—229.

im Orange, 1 im Gelb, 4 im Violett, 12 im Grün und Blau. Germaniumoxydul GeO wird durch Zersetzung des Chlorürs mit Kalilauge oder mit Soda erhalten und ist ein grauschwarzer Körper. Germaniumoxyd GeO_2 ist in Säuren wenig löslich, da es wahrscheinlich selbst ein Säureanhydrid ist, dagegen in kochendem Wasser löslich; D bei $18^\circ = 4.703$. Germaniumchlorür GeCl_2 entsteht beim Erhitzen von pulverigem Ge im HCl -Strome; es siedet bei 72° ; die Lösung ist ein energisches Reductionsmittel. Germaniumchlorid GeCl_4 hat D bei $18^\circ = 1.887$, die Dampfdichte $= 7.43 - 7.46$ und den Siedepunkt $= 86^\circ$. — Gewisse flüchtige Verbindungen des Germaniums haben einen schwer zu beschreibenden, etwa an sehr verdünntes Acrolein erinnernden Geruch.

Nekrolog

für das Jahr 1885.

Carl Justus Andrae, Geolog und Paläontolog, geb. 1. November 1816 zu Naumburg, erst an der Bergschule zu Saarbrücken, dann Professor an der landwirthschaftlichen Akademie in Poppelsdorf und an der Universität Bonn, starb daselbst 8. Mai.

Thomas Andrews, Chemiker, bekannt durch seine Untersuchungen über das Ozon und über die Continuität des flüssigen und gasförmigen Zustandes der Materie, geb. 19. December 1813 in Belfast, 1835—1844 praktischer Arzt daselbst, 1845—1879 Professor am Queen's College daselbst, starb 26. November.

Christoph Aeby, Professor der Anatomie an der deutschen Universität Prag, starb 7. Juli in Berlin im 50. Lebensjahr.

Johann Jacob Baeyer, der Begründer der europäischen Gradmessung (1861), geb. 5. November 1794 zu Müggelsheim bei Berlin, seit 1813 der preussischen Armee angehörig, seit 1816 meist mit geodätischen Arbeiten beschäftigt (ostpreussische Gradmessung in Verbindung mit Bessel, Bestimmung der Meereshöhe von Berlin durch ein Nivellement zwischen Swinemünde und Berlin, Küstenvermessung an der Ostsee u. a.) und als Lehrer an der Berliner Kriegsschule thätig (1825—1857), 1858 als Generallieutenant zur Disposition gestellt, starb als Präsident des Geodätischen Instituts in Berlin 10. September. Biographie in der Vierteljahrsschrift der Astron. Ges. XXI, S. 2.

Theodor Ballu, französischer Architekt, Wiederaerbauer des von der Commune zerstörten Pariser Stadthauses, starb in Paris 22. Mai.

Barius, durch meteorologische Arbeiten, besonders durch seine „Recherches sur le climat du Sénégal“ bekannter französischer Militärarzt, starb 10. Januar in Hiphong in Tonkin.

A. Barthélemy, französischer Physiolog, geb. 2. Decbr. 1831 in Mirepoix, 1870 Professor am Lyceum in Montpellier, später in Rennes und Toulouse, starb daselbst 17. Januar.

Ernest Baudrimont, Pharmaceut, Director der Pharmacie centrale des Hôpitaux de Paris, Verfasser eines „Dictionnaire des altérations et falsifications des substances alimentaires“, starb 14. September im Alter von 64 Jahren.

Eduard Heinrich v. Baumhauer, Physiker, geb. 18. Sep-

tember 1821 in Brüssel, Professor am Athenäum zu Maestricht und später am Athenäum illustre zu Amsterdam, starb im Januar als beständiger Sekretär der holländ. Gesellschaft der Wissensch. zu Harlem.

Oscar Berger, Professor der Medicin an der Universität Breslau, besonders auf dem Gebiet der Elektrotherapie thätig, starb 19. Juli in Salzbrunn.

Ludwig Bohnstedt, Architekt, geb. 27. October 1822 in St. Petersburg, anfangs dort, seit 1863 aber in Gotha lebend, Erbauer des Stadthauses, des Domänen-Ministeriums und verschiedener Paläste in Petersburg, sowie des Bankgebäudes in Gotha, starb daselbst 4. Januar. B. errang den Preis bei der ersten Concurrrenz für das deutsche Reichstagsgebäude.

Eduard Boissier, Botaniker, Verf. der „Flora orientalis“ (1867—1884), geb. 25. Mai 1810 in Genf, starb 25. September zu Valeyre in der Schweiz.

Henri Bouley, Professor der Pathologie an der Thierarzneischule zu Alfort, Präsident der Pariser Akademie der Wissenschaften, geb. 17. Mai 1814 in Paris, starb 30. November.

Claude Bouquet, durch seine in Verbindung mit Briot veröffentlichten Arbeiten über Differentialgleichungen und elliptische Functionen bekannter Mathematiker, geb. 7. December 1819 in Marteau (Dep. Doubs), an der Faculté des Sciences in Lyon, dann über 20 Jahr am Lycée Condorcet und Lycée Louis le Grand in Paris thätig, seit 1875 Mitglied der Akademie, starb 9. September.

Léon Brault, französischer Marine-Offizier, durch seine Windarten und andere Arbeiten um die nautische Meteorologie sehr verdient, Director des meteorologischen Bureaus im Dépôt des Cartes et Plans de la Marine, starb 27. August im Alter von 46 Jahren.

Bretton des Champs, französischer Ingenieur, durch verschiedene mathematische Arbeiten, besonders aber dadurch bekannt, daß er seiner Zeit zuerst den Ursprung der falschen Charles'schen Autographen (die Entdeckung des Gravitationsgesetzes betreffend) nachwies, starb im September.

William Benjamin Carpenter, Zoolog, besonders um die Kenntniß der Mollusken, Echinodermen und Foraminiferen verdient, starb 10. November in London, 72 Jahr alt.

Louis M. Cheesman, Professor der Physik am Trinity College in Connecticut, starb 11. Januar in New-York im Alter von 27 Jahren.

Thomas Clausen, Astronom, geb. 16. Januar 1801 zu Mübel, 1824—1827 auf der Altonaer Sternwarte, dann im Utschneider'schen Institut in München, seit 1842 Observator an der Sternwarte in Dorpat, 1865—1872 auch Professor an der dortigen Universität, starb daselbst im August.

Thomas Davidson, Paläontolog, der sich speciell mit den Brachiopoden beschäftigte, starb am 16. October zu West Brighton im 69. Lebensjahre.

Victor Dessaignes, geb. 30. December 1800 in Vendôme, ange Zeit Steuereinnehmer daselbst, seit 1845 mit Arbeiten auf dem

Gebiete der organischen Chemie beschäftigt (Zerlegung der Hippursäure u. a.), starb 5. Januar.

Paul Desains, Physiker, bekannt durch seine in Verbindung mit La Provostaye durchgeführten umfangreichen Untersuchungen über strahlende Wärme, geb. 12. Juli 1817 in St. Quentin, 1839 Professor in Caen, seit 1841 an verschiedenen Colleges in Paris, seit 1853 an der Sorbonne wirkend, starb 3. Mai in Paris.

Johann Christoph Döll, bekannt durch seine „Rheinische Flora“ und „Flora des Großherzogthums Baden“, auch Mitarbeiter an v. Martius' „Flora Brasiliensis“, 1843–1872 Oberbibliothekar der großherzoglichen Hofbibliothek in Karlsruhe, starb daselbst 10. März im 77. Lebensjahr.

Wilhelm Duncker, Mineralog, geb. 21. Februar 1809 zu Eschwege, anfangs praktischer Hüttenmann, seit 1839 an der polytechnischen Schule in Kassel thätig, später Professor an der Universität Marburg, starb daselbst 13. März.

Stanislas Charles Henri Dupuy de Lôme, hervorragender Marineingenieur, Erbauer des großen Schraubenlinienschiffes „Napoléon“, 1848–1852 und des ersten Panzerschiffes „Gloire“ 1858, seit 1870 auch mit dem Problem der Lenkbarmachung des Luftballons beschäftigt, geb. 15. October 1816 zu Bloërmour bei Orient, starb 1. Februar in Paris.

Henri Milne Edwards, Zoolog, geb. 23. October 1800 in Brügge, Professor am Collège Henri IV. in Paris, später am Museum und an der Faculté des Sciences, seit 1838 an Cuvier's Stelle Mitglied der Akademie, starb 28. Juli.

A. W. Eklund, ehemals Professor der Physik in Lund, starb daselbst Ende Juni im Alter von 90 Jahren.

Alfred Ennepcr, Mathematiker, geb. 14. Juni 1830, starb 24. März als Professor an der Universität Göttingen.

Auguste Fabry, Bergingenieur, bekannt als Erfinder des nach ihm benannten Wetterrades, starb zu Wanze le Huy in Belgien im Alter von 65 Jahren.

Robert F. Fairlie, englischer Ingenieur, starb Anfang August im Alter von 55 Jahren.

F. R. D. Frhr. v. Feilitzsch, Professor der Physik an der Universität Greifswald, geb. 1817 zu Langensalza, starb 11. Juni in Bayreuth.

Friedrich Theodor v. Frerichs, hervorragender Kliniker, dessen „Klinik der Leberkrankheiten“ den Monthyon-Preis der Pariser Akademie erhielt, geb. 24. März 1819 in Aürich, 1846 Privatdocent in Göttingen, dann Professor in Kiel (1850), Breslau (1857) und seit 1857 in Berlin, starb daselbst 14. März.

Louis Godard, berühmter Luftschiffer, starb 20. Februar in Paris im 62. Lebensjahr.

Heinrich Haeser, durch seine Untersuchungen über die Geschichte der Volkskrankheiten und sein „Lehrbuch der Geschichte der Medicin“ bekannter Mediciner, geb. 15. October 1811 in Rom, 1836 Docent und 1839 Professor in Jena, 1849 in Greifswald, seit 1862 in Breslau, starb daselbst 13. September.

P. Harting, Zoolog, bis zum Jahr 1882 Professor an der Universität Utrecht, starb Anfang Decembers.

Friedrich Heeren, Chemiker, geb. 11. August 1803 in Hamburg, seit 1831 Professor der Chemie an der neugegründeten höheren Gewerbeschule, der späteren Technischen Hochschule in Hannover, starb daselbst 2. Mai.

Gregor v. Helmersen, um die geologische Erforschung Rußlands verdienter Gelehrter, geb. 10. September 1803 in Dufershof bei Dorpat, seit 1835 im Corps der Berg-Ingenieure, später Studien-director des Berginstituts, seit 1843 Mitglied der russischen Gesellschaft der Wissenschaften, starb 15. Februar in Petersburg.

Jacob Henle, hervorragender Anatom, geb. 9. Juli 1809 in Fürth, 1837 Privatdocent in Berlin, 1840 Professor in Zürich, 1844 in Heidelberg, seit 1862 in Göttingen, starb daselbst 13. Mai. Hauptwerk ist sein „Handbuch der systematischen Anatomie“.

Friedrich Wilhelm Heyne, Mitentfunder des Nürnberger Ultramarins, starb 71 Jahr alt am 8. September in Steinbühl bei Nürnberg.

Ludwig v. Hohenbühl (gen. Heusler von Rosen), als gründlicher Kenner der Flora Tirols, des österreichischen Küstenlandes und Siebenbürgens bekannter österreichischer Beamter, geb. 1817 in Innsbruck, starb 8. Juni in Hall als pensionirter Sectionschef im Unterrichtsministerium.

Hotchkiss, Erfinder der in der französischen Marine eingeführten Revolverkanone, geb. in Connecticut, seit 1867 in Europa, zuletzt in Paris lebend, starb daselbst 15. Februar.

John George Jeffreys, Zoolog, der 1869/70 mit Carpenter und Sir Wyville Thomson die Tiefseeforschungen der „Porcupine“ im Nordatlantischen Ocean leitete, starb 24. Januar in London im 76. Lebensjahr.

Fleeming Jenkin, Ingenieur und Physiker, geb. 1833 in Kent, seit 1868 Professor des Ingenieurwesens an der Universität Edinburgh, starb daselbst 12. Juni nach einer unbedeutenden chirurgischen Operation an Blutvergiftung. Bekannt ist seine Schrift über „Electricität und Magnetismus“ (deutsch von Exner).

Nicolas Joly, Professor der Anatomie an der Ecole de Médecine in Toulouse, auch auf dem Felde der prähistorischen Zoologie und Ethnographie thätig, starb 17. October.

Martin Balduin Kittel, als Botaniker bekannt, 1834—1869 Rector der Gewerbeschule in Aschaffenburg, starb daselbst 26. Juli im 89. Lebensjahr.

Gustav Adolf v. Klöden, Geograph, bekannt durch sein dreibändiges „Handbuch der Erdkunde“, geb. 24. Juni 1814 in Potsdam, 1840—1880 Lehrer der Geographie am Berliner Gewerbeinstitut, starb 11. März.

G. W. Körber, Botaniker, bekannt durch wissenschaftliche Arbeiten über Flechten, Moose und Algen, geb. 1817 in Hirschberg, seit 1842 Lehrer am Elisabeth-Gymnasium, seit 1846 auch Privatdocent an der Universität zu Breslau, starb 27. Juli.

Gustav Lucä, geb. 14. März 1814 in Frankfurt a. M., 1840 Arzt in seiner Vaterstadt, seit 1845 mit den vor der Senkenbergischen naturforschenden Gesellschaft zu haltenden zoologischen Vorträgen be-
traut, seit 1851 Lehrer (1863 Professor) der Anatomie am Senken-
bergischen medicinischen Institut, starb 3. Februar.

Colonel Mangin, der Erfinder der neuerdings in der fran-
zösischen Armee eingeführten optischen Telegraphie, geb. 1825 in Mire-
court in den Vogesen, starb im November.

James W. Marshall, der erste Entdecker des Goldes in Cali-
fornien, starb 11. August zu Kelsey in Californien, 74 Jahr alt.

Georg Meßmer, unter dem Namen „Georg Sternfreund“.
Herausgeber des „Astronomischen Führers“ (10 Jahrg.), geb. 14. Fe-
bruar 1827 in München, starb daselbst 9. Februar als Stiftsvicar und
Gymnasialprofessor.

Julius Münter, Director des botanischen Garten in Greifs-
wald, starb 2. Februar.

John Muirhead, mit Latimer Clark und W. M. Warden vor-
länger als einem Vierteljahrhundert Begründer der innig in die Ent-
wicklungsgeschichte der Telegraphie verschlochtenen Firma Latimer Clark,
Muirhead u. Co. in Birmingham, starb 78jährig Ende September.

Gustav Nachtigal, Afrikareisender, geb. 23. Februar 1834 zu
Eichstätt bei Stendal, anfangs Militärarzt in Köln, siedelte dann aus
Gesundheitsrücksichten nach Tripolis über, reiste 1869 über Fezzan nach
Auka und dem Tschadseegebiet und langte 1874 über Wadaï, Darfur
und Kordofan in Kairo an, wurde später deutscher Generalconsul in
Tunis, betheiligte sich in hervorragender Weise an den deutschen Be-
sitzergreifungen an der Westküste Afrika's und starb 20. April an Bord
des Kanonenbootes „Möve“ bei Cap Palmas.

Peter Ludwig Panum, geb. 19. December 1820 in Rönne
auf Bornholm, 1850 praktischer Arzt in Kopenhagen, 1853 Professor
in Kiel, seit 1864 Professor der Physiologie in Kopenhagen, starb da-
selbst 2. Mai.

Philipp Ludwig v. Podewils, auf dem Gebiet der Waffen-
technik hervorragend, Erfinder des „Podewils-Gewehres“, geb. 15. Mai
1809 in Amberg, 1825—1879 der bayerischen Armee angehörig, 1853
bis 1873 Director der Gewehrfabrik in Amberg, starb daselbst 25. No-
vember als Generallieutenant a. D.

Gustav v. Quintus Scilius, Physiker, geb. 20. Septbr. 1824
in Celle, 1849 Privatdocent in Göttingen, dann Professor an der Poly-
technischen Schule in Hannover, Verfasser einer „Experimentalphysik“
(1855) und eines „Abriß der Experimentalphysik“, starb 17. März in
Hannover.

Heinrich Wilhelm Reichardt, Botaniker, seit 1860 an der
Wiener Universität thätig, seit 1879 Professor, starb 2. August im
51. Lebensjahr.

Eduard v. Riedel, Architekt, Schüler von Gärtner, Erbauer
des Schlosses Hohenschwangau, geb. 1. Februar 1813 zu Bayreuth,
starb 24. August als bayer. Hofbaudirector in Starnberg.

Charles Robin, einer der Begründer der modernen Histologie,

seit 1862 Professor der allgemeinen Anatomie an der medicinischen Facultät zu Paris, seit 1866 Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften, starb 6. November in Jofferon im Alter von 64 Jahren.

Eugène Kolland, Präsident der Pariser Akademie, geb. in Metz 1812, seit 1831 in der Administration der Tabakfabrikation thätig, welche er durch Einführung neuer Maschinen und Methoden gänzlich umgestaltete, 1860 Generaldirector der Staatsmanufacturen, starb 31. März.

Friedrich Koloff, Director der Thierarzneischule und Mitglied des Reichsgesundheitsamts in Berlin, starb daselbst 22. December.

Johannes Koepfer, Professor der Botanik in Rostock, starb daselbst 17. März fast 84 Jahr alt.

François Elie Koudaire, französischer Offizier, der sich durch sein Project eines afrikanischen Binnenmeeres im Süden von Algérien bekannt gemacht hat, starb als Oberst 14. Januar zu Guéret 48 Jahr alt.

Adolf v. Kueff, geb. 2. Juni 1820 in Stuttgart, 1846 Thierarzt und Professor der Thierzucht und Thierarzneikunde an der Akademie zu Hohenheim, seit 1869 Director der Thierarzneischule in Stuttgart, starb daselbst 9. October.

Heinrich Ferdinand Scherk, Mathematiker, geb. 27. October 1798 in Posen, 1823 Privatdocent in Königsberg, 1826 Professor in Halle, 1834—1852 in Kiel, von der dänischen Regierung mit andern Professoren seines Amtes entsetzt, darauf in Dresden am Blochmann'schen Institut und seit 1854 an der Hauptschule in Bremen, starb daselbst Mitte October.

Robert v. Schlagintweit, Geograph, geb. 27. October 1837 in München, 1853 Privatdocent in München, 1854—1857 mit seinen ältern Brüdern Hermann und Adolf in Indien, 1868 in Nordamerika, später Professor in Gießen, starb daselbst 6. Juni.

Ernst Erhard Schmid, Mineralog, geb. 22. Mai 1815 zu Hildburghausen, seit 1840 der Universität Jena, erst als Docent, seit 1843 als Professor angehörig, starb 16. Februar.

August Schwendenwein v. Lanauberg, vor 1872 sehr thätiger Wiener Architekt, starb 3. November im Alter von 69 Jahren.

Ludwig Schlager, Irrenarzt, geb. 1829 zu St. Florian in Oberösterreich, 1853—1860 Secundärarzt in der niederösterreichischen Landes-Irrenanstalt, dann Landesgerichtsarzt für psychiatrische Angelegenheiten, seit 1878 Director genannter Irrenanstalt, starb 24. Juli in Wildbad Gastein.

Joseph Alfred Serret, Mathematiker, geb. 30. August 1819 in Paris, anfangs Examinator an der Ecole de Sainte Barbe, 1848 an der Polytechnischen Schule, später Professor an der Sorbonne, 1860 Mitglied der Akademie der Wissenschaften, starb 2 März in Versailles. Am bekanntesten ist sein Lehrbuch der höhern Algebra (deutsch von Wertheim 1868).

Nicolai Alexandrowitsch Sjewertow, Zoolog und Forschungsreisender, geb. 1825 im Gouv. Woronesch, starb 27. Januar.

Karl Theodor Ernst v. Siebold, Physiolog und Zoolog,

geb. 16. Februar 1804 in Würzburg, zuerst Kreisphysicus in Heilsberg und dann in Königsberg, 1835 Director der Entbindungsanstalt in Danzig, darauf Professor der Physiologie, 1840 in Erlangen, 1845 in Freiburg, 1850 in Breslau und 1853 in München, starb daselbst 7. April.

Benjamin Silliman, Professor der Chemie in Newhaven, starb 15. Januar in New-York im 69. Lebensjahr.

Karl v. Sonklar zu Innstädten, Geograph und Orograph, besonders um Erforschung der Tiroler Alpen verdient, geb. 2. December 1816 in Weißkirchen im Banat, bis zu seiner Pensionirung als Generalmajor 1875 der östereich. Armee angehörig, starb 10. Januar in Innsbruck.

Friedrich v. Stein, an 30 Jahre Professor der Zoologie und Zootomie an der Universität Prag, starb daselbst 9. Januar.

Hermann Sternberg, Ingenieur, geb. 1825 in Aachen, seit 1861 Vorstand der Ingenieurschule am Polytechnicum in Karlsruhe, starb 18. Juli.

Paulin Talabot, Ingenieur und Generaldirector der Eisenbahngesellschaft Paris-Lyon-Mittelmeer, geb. zu Limoges 18. August 1799, starb 20. März.

Sidney Gilchrist Thomas, Erfinder des Verfahrens zur Herstellung phosphorfreien Bessemerstahles aus phosphorhaltigem Roheisen (1877), geb. 1850, starb in Paris 1. Februar.

Henri Edouard Tresca, Ingenieur und Physiker, geb. 12. October 1814 in Dünkirchen, anfangs als Civilingenieur thätig, 1852 Professor am Conservatoire des Arts et Metiers in Paris, welchem Institut er den größten Theil seines Lebens gewidmet hat, daneben auch seit 1854 Professor der angewandten Mechanik an der Ecole normale und am Agronomischen Institut, seit 1872 Mitglied der Pariser Akademie, starb 21. Juni.

Auguste Robert Stanislas Trève, französischer Marineoffizier, der sich viel mit Construction der Torpedos beschäftigt hat, geb. 1. November 1829 in der Bretagne, starb 28. November.

Louis René Tulasne, Botaniker, besonders auf dem Gebiete der Mykologie thätig, geb. 12. September 1815 zu Azay le Rideau, starb 22. December zu Hyères.

Kavir Allesberger, Paläontolog, bekannt als Entdecker der Pfahlbauten im Constanzer See, starb zu Ueberlingen im December, 79 Jahr alt.

Paul Bogt, Professor der Chirurgie und (seit 1882) Director des Krankenhauses und der chirurgischen Klinik in Greifswald, geb. 3. Februar 1844 zu Greifswald, starb daselbst 5. Juli.

Ludwig Werder, der Erfinder des nach ihm benannten Hinterladergewehres, geb. 17. Mai 1808 in Rißnacht, langjähriger Director der Cramer-Klett'schen Fabrik in Nürnberg, später Fabrikbesitzer, starb 4. August in Nürnberg.

Karl Zöpprit, Geograph, geb. 14. April 1838 in Darmstadt, 1865 Privatdocent in Tübingen, zwei Jahre später Professor in Gießen, darauf in Königsberg, starb daselbst Ende März.

Verlag von
QUANDT & HÄNDEL IN LEIPZIG.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

Lehrbuch der Physik,

einschliesslich der Physik des Himmels, der Luft und der Erde. Gemäss der neueren Anschauung und mit den neuesten Fortschritten. Für Gymnasien, Realschulen und ähnliche Lehranstalten, bearbeitet von Prof. Dr. **Paul Reis**, Gymnasiallehrer in Mainz. 6. verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 410 Holzschnitten und 849 Aufgaben nebst Lösungen. Preis 8 M. 40 Pf.

„Den Studirenden der Physik und den Lehrern selbst können wir dies so sorgfältig durchgearbeitete, den neuesten Standpunkt der Physik mit eben solcher Entschiedenheit als Vorsicht festhaltende, den innern Zusammenhang der Naturkräfte aufweisende Lehrbuch, in welchem die logische Ableitung der Principien viel mehr als in irgend einem anderen, selbst grösseren physikalischen Lehrbuche die Hauptsache bildet, und der experimentelle Nachweis der Deduction nur zur Seite steht, nicht genug empfehlen. — Für Alle, die sich mit dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft in möglichst klarer und gründlicher Weise bekannt machen wollen, ist das Reis'sche Lehrbuch allen anderen vorzuziehen.“

Zeitschr. f. Gymnasialwesen XXIV. 5.

„Die vorliegende (5.) Auflage des geschätzten Lehrbuches ist als eine bedeutende Erweiterung ihrer Vorgängerin anzusehen. — Erwägt man, dass die Theorien und Entdeckungen der neueren Zeit in allen ihren wesentlichen Punkten dargelegt werden — — so wird man den Ausspruch des Referenten richtig finden, dass das vorliegende Buch manches vielbändige Werk weit hinter sich zurücklässt, und insbesondere dem Physiker vom Fache sich überaus nützlich erweisen wird; — — ganz geschaffen ist das Buch für den Lehrer der Physik und diesem kann es nicht genug empfohlen werden. — — Fassen wir alle Beobachtungen zusammen, die wir beim Studium des Buches gemacht haben, so können wir als sicher hinstellen, dass die vorliegende höchst werthvolle Schrift vollständig den Anforderungen entspricht, die man an eine umfassende, den modernen Anschauungen völlig angepasste und durchweg wissenschaftlich gehaltene Darstellung der physikalischen Disciplinen stellen kann. Es kann kühn behauptet werden, dass vielleicht nur die deutsche Literatur über ein ähnliches Werk verfügt.“

Aus einer Besprechung von Dr. J. G. Wallentin in der Wiener Zeitschrift für das Realschulwesen. VIII. 8.

Verlag von QUANDT & HÄNDEL in Leipzig.

Elemente der Physik,

Meteorologie und mathematischen Geographie. Hilfsbuch für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Mit zahlreichen Uebungsfragen und -Aufgaben. Von Professor Dr. Paul Reis. 3. verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 269 Figuren im Text. Preis 4 M. 50 Pf.

„Enthält die Lehren der Physik in einer ungemein compendiösen Form. Es behandelt dieselben in den verschiedenen Kapiteln auf etwas verschiedene Weise. Es wird weder ausschliesslich die Mathematik in den Vordergrund gestellt, ebenso wenig das Experiment. In der Mechanik, Akustik, Optik und Wärmelehre wurde die mathematische Entwicklung vorangestellt und das Experiment als Beweismittel hinzugefügt. In der Electricität und dem Magnetismus wurde inductiv vorgegangen. Es wurden bei vielen Paragraphen Fragen und Aufgaben aufgestellt, welche zum Theil die Wiederholung anzuregen haben und das Verständniss befördern sollen, zum Theil aber auch eine Erweiterung des Stoffes bezwecken und eine besondere Aufgabensammlung unnöthig machen, ja vielleicht nicht einmal sämmtlich vorgenommen werden können, da die Menge des gebotenen Materials eine ziemlich grosse ist.

Viel Gewicht hat der Verfasser neben der Durchführung der rein wissenschaftlichen Lehre auch auf die Anwendung derselben im Leben gelegt. Allenthalben sind Hinweise auf das technische und gewerbliche Leben zu finden und es werden dabei in grosser Vollständigkeit auch die in der Neuzeit wichtig gewordenen Erfindungen auf dem Gebiete der Electricität u. a. aufgenommen.

Die Meteorologie ist als ein Theil der Wärmelehre behandelt und ebenfalls auf Grundlage der gegenwärtig geltend gewordenen Anschauung ausgeführt; die mathematische Geographie bildet einen kleinen Abschnitt am Ende des Werkes.

Für besonders werthvoll ist auch das von vornherein sich kundgebende Bestreben des Verfassers anzuerkennen, den Zusammenhang der Naturkräfte nachzuweisen, wie er sich in dem Gesetze über Erhaltung der Energie und den Lehren über Verwandlung der Naturkräfte ausspricht. Liegt doch hierin nicht allein die Grundlage der modernen Anschauung über das Wesen der Materie, und gestattet dieselbe vielfach einfachere und leichtere Ableitung der physikalischen Lehrsätze, sie ist es ja auch hauptsächlich, welche in der neuesten Zeit die Perspektive auf Anwendungen der Naturkräfte eröffnete, an welche man vor Jahrzehnten nicht zu denken gewagt hätte. —

Allem nach lassen sich die „Elemente der Physik“ als eines der vorzüglichsten kleineren Lehrbücher für Gymnasien, Realschulen und ähnliche Lehranstalten bezeichnen.“

Pädagog. Jahresbericht 1883.

Verlag von QUANDT & HÄNDEL in Leipzig.

Vorschule der Experimentalphysik.

Naturlehre in elementarer Darstellung, nebst Anleitung zum Experimentiren und zur Anfertigung der Apparate. Von Dr. Adolf F. Weinhold, Professor an den technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. 3. verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 427 in den Text gedruckten Holzschnitten und 2 Farbentafeln. Preis 10 M.;

in Halbfranzband 11 M. 50 Pf.

„Unter allen populären Lehrbüchern der Physik, die uns bisher zu Gesicht gekommen sind, ist das vorliegende ganz entschieden das beste) Wem dieses Lob etwa zu hoch erscheinen sollte, dem empfehlen wir, das Buch einmal anzusehen; er wird ja dann selbst finden, dass dasselbe eine wahre Fundgrube praktischer Erfahrung und pädagogischer Meisterschaft ist.“

Kehr's pädagog. Blätter für Lehrerbildung.

„Der Verf. hat den guten Gedanken gehabt, einen Leitfaden der Physik in elementarer Darstellung zu entwerfen und denselben gleichsam als Schema zu benutzen, um fortlaufend bei den einzelnen möglichst einfachen Versuchen nicht minder einfache Apparate zur Selbstverfertigung anzugeben, ferner die Hilfsmittel zu solcher Arbeit, nach Handgriff und nach Handwerkszeug zu beschreiben. Ref. spricht die Ueberzeugung aus, dass der Verf. durch sein Buch ein wirkliches Bedürfniss befriedigt und kann nur dringend anrathen, dass die Lehrer, namentlich der Volks- und Mittelschulen, das Werk gehörig studiren. Sehr gerathen würde es sein, ein solches Buch in den Schullehrerseminarien einzuführen und danach üben zu lassen.“

Literar. Centralblatt.

„Die Behandlung des Gegenstandes macht das Werk ebensowohl zum Unterrichtsgebrauche geeignet, als es auch beim Selbstunterricht mit bestem Erfolge verwendet werden kann. Dazu ist die Darstellung ausführlich genug, ohne irgendwie weitschweifig zu werden. — Der Verfasser begnügt sich nicht damit, die Experimente in der von den Erfindern angegebenen ersten Form zu beschreiben, sondern giebt dieselben in einer Form, wie sie theils von ihm, theils von anderen bei vielfacher Wiederholung als die passendste erkannt worden ist. — Man kann für jeden, welcher sich ernstlich dem Studium der Physik widmen will, insbesondere für den Lehrer, kaum ein besseres Compendium empfehlen, als Weinhold's Vorschule.“

Pädagog. Jahresbericht 1884.

„Ein Blick in das Buch lehrt bald, dass es nicht bloß dem Schüler, sondern vor allem auch dem Lehrer der Physik besonders im Experimentiren, und zwar an höheren wie an elementaren Schulen, ein vorzüglicher Wegweiser sein kann.“

Deutsche Blätter f. erzieh. Unterricht.

Verlag von QUANDT & HÄNDEL in Leipzig.

Die Fundamental-Eigenschaften der Dioptrischen Instrumente.

Elementare Darstellung der Gauss'schen Theorie und ihrer Anwendungen. Von Galileo Ferraris, Professor am Kgl. italien. Gewerbe-Museum in Turin. Autorisirte deutsche Ausgabe. Uebersetzt und mit einem Anhang vermehrt von F. Lippich, Professor an der Universität Prag. Mit 76 Figuren im Text. Preis 5 Mark 20 Pf.

„Eine elementargeometrische Behandlung von Gauss' dioptrischen Untersuchungen, wie sie in Ferraris' Buche vorliegt, hat nicht nur den Vorzug, die Resultate der abstract analytischen Theorie einem weiteren Kreise als bisher zugänglich zu machen, sie besitzt auch das nicht hoch genug anzuschlagende Verdienst, dem Studirenden bei jedem Schritte die geometrischen Beziehungen vor Augen zu führen, in denen der unmittelbare Grund der That-sachen gelegen ist. Die geometrische Methode in der Dioptrik, die bereits durch Neumann, Reusch u. a. angebahnt wurde, erfährt hier eine strenge und elegante Durchführung, die dadurch besonderen Werth erhält, dass sie in den Anwendungen auf optische Instrumente den Bedürfnissen der pract. Physik entgegenkommt.“

Central-Organ f. d. Interessen d. Realschulwesens.

„Der Verf. war der Ansicht, dass die Gauss'sche Theorie (vom Gange der Lichtstrahlen in einem Systeme brechender Medien) nur dann in die mehr elementaren Lehrbücher der Physik und Topographie Eingang finden werde, wenn es durch die geometrische Methode gelänge, eine möglichst vollständige Darstellung der Theorie und zugleich die Anwendung in speciellen Fällen nachzuweisen, die sich beim Studium wirklich ausgeführter Instrumente darbieten. Diese Aufgabe hat der Verf. in dem vorliegenden Werke sehr glücklich gelöst. Der erste Theil behandelt die Fundamenteigenschaften der dioptrischen Systeme im Allgemeinen. Es wird darin auf elementar-geometrischem Wege die Lehre der Brenn- und Hauptpunkte, sowie der Knotenpunkte sehr klar und vollständig vorgetragen. Der zweite Abschnitt enthält die Anwendung auf das Auge, Linsen- und Linsensysteme, die einfachen und zusammengesetzten Instrumente. In einem Anhang behandelt der Uebersetzer noch andere als vom Verf. besprochene bemerkenswerthe Punkte eines dioptrischen Systems, namentlich die von Listing zuerst nachgewiesenen, von ihm Symptosen genannten Punkte. Es ist zu erwarten, dass die Ferraris'sche Darstellung ihren Weg in die künftig erscheinenden Lehrbücher finden wird.“

Literar. Centralblatt.

Analytische Chemie.

Für den Gebrauch im Laboratorium und für das Selbststudium. Von **N. Menschutkin**, Professor an der Universität in St. Petersburg. Unter Mitwirkung des Verfassers übersetzt von Dr. **O. Bach**. Zweite verbesserte Auflage. Preis 7 M. — In Halbfranzband 8 M. 50 Pf.

„Der Verfasser dieses Lehrbuches ist, abweichend von bisher befolgten Anlageplänen chem.-analyt. Werke, von dem Gedanken ausgegangen, dass er, mit den allgemein chemischen Thatsachen beginnend, durch das Studium der Eigenschaften der Elemente, ihrer Verbindungen und der Beziehungen zu anderen Verbindungen, sich die Methode der Analyse, sowohl der qualitativen, als auch der quantitativen, als Folgerung des Gelernten selbst entwickeln lässt. Mehr als es bisher geschehen, will der Verfasser die analytische Chemie vom Schematismus befreien und den Studirenden veranlassen, sich nicht auf Vorschriften und Recepte zu stützen, sondern aus dem Studium der allgemeinen Eigenschaften der Körper und namentlich der analytisch werthvollen derselben, die Fähigkeit zu erwerben, die Bedingungen für das Eintreten der Reactionen unter den verschiedensten Verhältnissen selbst abzuleiten. Es ist zweifellos, dass eine solche Art des Studiums den mit den erforderlichen allgemein chemischen Kenntnissen Ausgerüsteten ganz besondere Vortheile bieten muss, und namentlich deshalb verdient das in Rede stehende Werk rückhaltlose Anerkennung und Empfehlung.

Chemiker-Zeitung.

„In der Litteratur über analytische Chemie nimmt das Werk Menschutkin's unstreitig einen hervorragenden Platz ein. Auf verhältnissmässig kleinem Raume enthält es eine Fülle von Stoff, der sonst meist getheilt und Specialwerken behandelt wird. Die qualitative und quantitative Bestimmung und Trennung der Körper (einschliesslich der Maassanalyse und der Elementaranalyse organischer Körper) findet eingehende Behandlung; der Gebrauch des Löthrohrs, die Bunsen'schen Flammenreactionen, die Spektralanalyse, die Berechnung der Analysen u. a. m. sind in besonderen Abschnitten besprochen. Eine Reihe von Beispielen aus der qualitativen Analyse, der quantitativen Gewichts- und Maassanalyse zeigt die Anwendung der gewonnenen allgemeinen Gesetze auf den einzelnen Fall und giebt Anleitung zur Erwerbung der nöthigen Handfertigkeit beim analytischen Arbeiten. Zahlreiche in den Text eingestreute praktische Notizen erleichtern das Arbeiten ungemein und sind namentlich bei der Benutzung des Buches zum Selbststudium von Wichtigkeit.“

Naturforscher.

Verlag von QUANDT & HÄNDEL in Leipzig.

Leidfaden der chemischen Analyse.

Für Anfänger bearbeitet von Hofrath Dr. K. Birnbaum, Professor an der technischen Hochschule in Carlsruhe. 5. verbesserte und vermehrte Auflage. 1 M. 80 Pf.

Die feuerfesten Thone,

deren Vorkommen, Zusammensetzung, Untersuchung, Behandlung und Anwendung. Mit besonderer Berücksichtigung der feuerfesten Materialien überhaupt. Von Dr. Carl Bischof (Wiesbaden). Mit 95 in den Text gedruckten Holzschnitten und 4 lith. Tafeln. 10 M.

Elemente des graphischen Calculs.

Für den Gebrauch an technischen Lehranstalten. Von Professor Dr. Luigi Cremona, Director der Königlichen Ingenieurschule in Rom. Unter Mitwirkung des Verfassers übersetzt von Maximilian Curtze. Mit 130 Holzschnitten. 2 M. 80 Pf.

Theorie der Elasticität,

Akustik und Optik. Von Professor Dr. Hermann Klein, Gymnasiallehrer in Dresden. Mit über 100 Holzschnitten. 14 M.

Das phonische Rad.

Seine Theorie und seine Anwendungen in der Wissenschaft, Technik und Telegraphie. Von Paul La Cour. Aus dem Französischen übersetzt von Josef Kareis. Mit 16 Holzschnitten. 2 M.

Neue Kälteerzeugungsmaschinen

auf Grundlage der Anwendung physikalisch-chemischer Erscheinungen. Nebst Angaben über neue Einrichtungen von Kälteerzeugungsmaschinen. Von Raoul Pictet, Professor an der Universität Genf. Uebersetzt von Konrad Schollmayer. Mit 1 lith. Tafel. 1 M. 50 Pf.

Die Steinbearbeitungsmaschinen

mit Bezug auf deren Construction, Anwendung und Leistung. Nebst Angaben über die Natur der Gesteine und die Steinbrucharbeiten. Von Theodor Schwartze, Ingenieur. Mit 48 Figuren im Text und 4 lith. Tafeln. 6 M.

Druck von S. B. Hirschfeld in Leipzig.

Jahrbuch der Erfindungen.

Preise der einzelnen Bände.

Erster	Jahrgang	1865	. . .	4	Mark	50	Pfg.
Zweiter	=	1866	. . .	4	Mark	50	Pfg.
Dritter	=	1867	. . .	5	Mark	—	Pfg.
Vierter	=	1868	. . .	5	Mark	—	Pfg.
Fünfter	=	1869	. . .	5	Mark	—	Pfg.
Sechster	=	1870	. . .	5	Mark	75	Pfg.
Siebenter	=	1871	. . .	5	Mark	25	Pfg.
Achter	=	1872	. . .	5	Mark	25	Pfg.
Neunter	=	1873	. . .	5	Mark	25	Pfg.
Zehnter	=	1874	. . .	5	Mark	50	Pfg.
Elfster	=	1875	. . .	5	Mark	60	Pfg.
Zwölfter	=	1876	. . .	6	Mark	—	Pfg.
Dreizehnter	=	1877	. . .	6	Mark	—	Pfg.
Vierzehnter	=	1878	. . .	6	Mark	—	Pfg.
Fünfzehnter	=	1879	. . .	6	Mark	—	Pfg.
Sechzehnter	=	1880	. . .	6	Mark	—	Pfg.
Siebzehnter	=	1881	. . .	6	Mark	—	Pfg.
Achtzehnter	=	1882	. . .	6	Mark	—	Pfg.
Neunzehnter	=	1883	. . .	6	Mark	—	Pfg.
Zwanzigster	=	1884	. . .	6	Mark	—	Pfg.
Einundzwanzigster	=	1885	. . .	6	Mark	—	Pfg.

6 OCT. 86

Techn. A. 261.

Druck von S. B. Hirschfeld in Leipzig.

Datum der Entleihung bitte hier einstempeln!

SLUB DRESDEN



3 2214476

