



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,
Bergrath und Professor an der Berg-
akademie in Freiberg,

Dr. G. Bornemann,
Lehrer der Chemie an den techn. Staats-
lehranstalten in Chemnitz,

A. Berberich, und
Astronom am Rechen-Institut der
kgl. Sternwarte in Berlin,

Dr. Otto Müller,
Lehrer der Physik an den techn. Staats-
lehranstalten in Chemnitz.

Achtundzwanzigster Jahrgang.



Mit 29 Holzschnitten im Text.

Leipzig
Verlag von Quandt & Händel.
1892.

* 3703

113 8.

Sächsische
Landesbibliothek
Dresden

Vorwort.

An anderer Stelle dieses Bandes erhalten die Leser nähere Mittheilung davon, daß das Jahrbuch seinen ältesten verdienten Mitarbeiter, Herrn Bergrath Dr. Gretschel, durch den Tod verloren hat. An seine Stelle ist für den astronomischen Theil Herr A. Berberich, Astronom am Rechen-Institut der königl. Sternwarte in Berlin, für Physik und Meteorologie Herr Dr. Otto Müller, Lehrer der Physik an den technischen Staatslehranstalten in Chemnitz eingetreten. Beiden Herren sprechen wir unsern Dank dafür aus, daß sie durch bereitwillige Uebernahme dieser Abtheilungen das rechtzeitige Erscheinen des Jahrbuchs auch in diesem Jahre möglich gemacht haben. Einzelne von Herrn Gretschel hinterlassene Manuscripttheile, zumeist dem astronomischen Abschnitt angehörend, sind mit in den Text aufgenommen worden.

Die Verlagshandlung.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Vorwort	III
Heinrich Friedrich Gretschel. Nekrolog	3
Astronomie.	
Die Sonne	7
<p>Sonnenparallaxe 7. — Sonnendurchmesser 9. — Flecken und Fackeln 11. — Thätigkeit der Sonne im Jahre 1891, 12. — Wolf's Relativzahlen der Sonnenflecken 13. — Erklärung der Protuberanzen 14. — Auffallende Veränderungen eines großen Sonnenflecks 20. — Wilking's Erklärung der Sonnenrotation 22. — Neue Hypothesen über die Protuberanzen 23.</p>	
Die Planeten und ihre Monde	26
<p>Merkur: Merkurdurchgang v. 9. Mai 1891, 26. — Venus: Heliometrische Messungen 27. — Erde und Mond: Schwerebestimmungen 29; Gravitations-Constante und mittlere Dichte der Erde 31; Störungen der Schwerkraft in den Alpen 32; Lothablenkung in Berlin 33; Polhöheschwankungen 34; Höhe der Atmosphäre 34; Beschreibung einzelner Mondregionen 35; Weinel's Mondaufnahme 36; Kernschatten der Erde 37; Wärmestrahlung des Mondes 39; Totale Mondfinsterniß v. 15. Nov. 1891, 42. — Mars: Messungen der Oberfläche 43. — Planetoiden: Neuentdeckte Pl. 44; Photograph. Aufnahmen von Pl. 46. — Jupiter: Durchmesser des J., 50; Flecken auf dem J., 50; Verfinsternung des ersten J.-Mondes 52; Erscheinungen am innersten J.-Mond 53. — Saturn: Flecken auf dem S., 53; Vibration des Hyperion 54; Durchmesser des Titan 55; Saturnringe 55.</p>	
Kometen	56
<p>Die im J. 1891 beobachteten K., 56; Vertheilung der Bahnelemente der K., 67; Zusammenhang der heliocentrischen Perihellänge mit der Perihelzeit des K., 69; Zusammenstöße und Theilungen planetarischer Massen 74; Zwei Klassen der periodischen K. von kurzer Umlaufszeit 76; Kometenähnliche Erscheinungen 76.</p>	

Fixsterne und Nebel	77
Anzahl der Sterne 77. — Doppelsterne 78. — Parallaxen 82. — Eigenbewegungen 84. — Veränderliche Sterne 85. — Planetarische Nebel 95. — Der neue Stern in Auriga 99. — Sternschnuppen und Meteore 106.	

Physik und Meteorologie.

Allgemeine Physik	109
Theorie der Lösungen. Osmotischer Druck 109. — Dissociationshypothese von Arrhenius 115. — Löslichkeit des Glases 119. — Compressibilität des Wassers 122. — Constitution des Wassers 122. — Abhängigkeit der Capillarität von der Temperatur 124. — Bestimmung des Elasticitätsmoduls 125.	
Akustik	127
Antolik's Schulversuche 127. — Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in membranösen Körpern 131. — Schwingende Saiten 134.	
Optik	130
Grenzen der Leistungsfähigkeit des Mikroskops 136. — Platinspiegel. Farbkreis 139. — Antolik's Schulversuche 140. — Absorptionsspectra von Lösungen 141. — Spectrum des Sauerstoffs 145. — Theorie der Spectralanalyse 146. — Schwingungsebene des polarisirten Lichts 150. — Farben des glühenden Eisens 151.	
Wärmelehre	152
Thermometer für Messungen in Meerestiefen 152. — Apparat zur Messung der thermischen Ausdehnung 154. — Kritische Temperatur 155. — Spannung des Aetherdampfes 160. — Anomalie des Kautschuks 162. — Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents 165. — Antolik's Schulversuche 168. — Flamme des Bunsenbrenners 172.	
Elektricität und Magnetismus	173
Dielektricitätsconstante des Wassers 173. — Elektrische Verdampfung 174. — Zerstreung der Elektricität 176. — Blitzableiter 177. — Begriff der Kraftlinien 180. — Uebertragung der elektromagnetischen Energie 182. — Zusammenhang der Dielektricitätsconstante mit dem Brechungsindex 183. — Optisches Telephon 185. — Spitzenwirkung 191. — Antolik's Schulversuche 193. — Entladung durch Belichten 197. — Drehstrom und Lauffeuer Kraftübertragung 203.	
Meteorologie	215
Hann gegen die Convectionstheorie 215. — Bewegung der Luft in Cyclonen 223. — Zugstraßen der Minima 226. — Temperaturabnahme nach der Höhe 227. — Temperatur der obersten Erdschichten 229. — Täglicher und jährlicher Gang der Luftelektricität 239. — Schwankungen der Alpengletscher 232.	

Chemie und chemische Technologie.		Seite
Die Elemente und einige Verbindungen derselben		236
Chlor		236
Chlormonoxyd und unterchlorige Säure 236. — Hypochlorite und Chlorbleiche 237. — Constitution des Chloralks 241. — Chloralkherzeugung 242. — Chloralk beim Lagern. Werthbestimmung 244. — Chlorsuperoxyd 244. — Chlorate 245. — Chlorsaures Natrium 246. — Chlorsaures Kalium 247. — Sauerstoff aus Kaliumchlorat 249. — Wirkung von Kaliumchlorat im Körper 250. — Ueberchlorsaures Natrium 251.		
Brom		251
Vorkommen, Gewinnung 251. — Eigenschaften 252. — Verwendung. — Bromwasserstoff 253. — Sauerstoffverbindungen 256. — Bromschwefel 257.		
Jod		258
Gewinnung 258. — Eigenschaften 259. — Jodlösungen 260. — Giftige Wirkung 261. — Jodwasserstoff 261. — Jodchlorid-, cyanid. — Jodsauerstoffverbindungen 262. — Jodammoniak, Jodstickstoff 263.		
Silicium		266
Darstellung und Eigenschaften 266. — Silicide, Siliciumlegirungen 268. — Siliciumbronze 270. — Siliciumwasserstoff. — Siliciumhalogenverbindungen. Chlorid 272. — Bromid. Jodid 273. — Chloroform. Gemischte Verbindungen 274. — Chlorsulfide. — Kieselflußsäure 275. — Kieselsäuren, Silicate 276. — Künstlicher Quarz. Hydraulische Kieselsäure 277. — Lösliche, fadenförmige, krystallinische Kieselsäure 278. — Gallertförmige Kieselsäure. Silicatformeln 279. — Kieselfosphorsäure 280. — Salpeterkieselsäure 281. — Wasserglas 282. — Mineralmalerei 283.		
Aluminium		283
Geschichtliches über die Aluminiumdarstellung 284. — Castner's Verfahren 288. — Natrium aus Soda durch Eisencarbid. Aluminiumchlorid 289. — Reduction des Chlorids 290. — Grabau's Verfahren. Natrium durch Electrolyse von Kochsalz. Aluminiumfluorid 291. — Reduction des Fluorids 292. — Netto's Verfahren 293. — Natrium aus Natriumcarbonat durch Kohle 294. — Aluminium aus Kryolith durch Natrium 295. — Héroult's Verfahren. Reduction von Thonerde durch den electrischen Strom 297. — Neuhäuser Aluminiumfabrik 299. — Andre electrolytische Verfahren. Nach Hall, nach Minet 300; nach Kleiner-Fierth, nach Feldmann, nach Reuleaux u. s. w. 302; nach Faure 303. — Verfahren von Faurie und von Diehl 304. — Andre Verfahren, Schlußbemerkung 305.		

	Seite
Eisen	306
Silicium im Eisen 306. — Im Gießereiroheisen 307. — Im Stahl, im schmiedbaren Eisen 308. — Siliciumeisen 309. — Aluminium im Eisen. Mitisproceß. Ferroaluminium 311. — Wirkung des Al 313. 314. — Al im Gießereibetriebe 316. — Al in verschiedenen Eisensorten 318.	
Organische Verbindungen	319
Paraffine und Paraffin	319
Paraffine im wissenschaftl. Sinne, Paraffin des Handels 320. — Darstellung der Paraffine nach Röhnlein 321. — Vorkommen der Paraffine 322. — Eigenschaften der Paraffine. Neuere Arbeiten von Kraft 323. — Paraffine des Paraffins 324. — Herakontan 325. — Paraffin aus Braunkohlentheer, insbesondere auf den Liebedä'schen Montanwerken 326. — Destillation des Theers, der Theeröle 327. — Chemische Reinigung der Dele 328. — Bezeichnung der Dele 329. — Krystallisiren des Paraffins, Auspressen 330. — Entfärbung des Paraffins, Eigenschaften 331. — Paraffin-kerzen. Gasöl 332. — Alkaloide im Paraffinöl. Theerschweelerei 333. — Reinigung von Paraffinölen 334. — Entfärbung 336. — Picein als Grund der Rothfärbung von Rückstandsparaffin. Dichte und Schmelzpunkt von Paraffin 337. — Molekulargröße, colloïdale Beschaffenheit 338. — Ozokerit und Ozokeritparaffin. Entstehung des Ozokerits. Industrie von Boryslaw 339. — Ozokerit aus Ungarn 341. — Bleichen und Reinigen von Ozokerit 342. — Zusammensetzung des Ozokerits. Löslichkeit von Ozokeritparaffin 344.	
Einige Fettsäuren	345
Palmitinsäure. Gewinnung aus Palmöl 345, aus japanischem Wachs. Derivate 346. — Aldepalmitinsäure 348. — Datursäure 348. — Stearinsäure. Aus Delsäure 349. — Dyrystearinsäuren 350. — Jodstearinsäure aus Delsäure. Dioxyystearinsäure 352. — Stearon. Stearinsäurederivate 353. — Behensäure 354. — Lignocerininsäure, Cerotinsäure 355. — Allgemeines über Fettsäuren. Einwirkung von P_2O_5 , von Br 356. — Dampftensionen. Wirkung im Körper 357.	
Insecten- und Carnaubawachs	357
Insecten- oder chinesisches Wachs. Ursprung, Gewinnung 358, Eigenschaften. Carnaubawachs Vorkommen, Gewinnung 359. — Zusammensetzung, Verwendung 360. — Fett aus den Früchten der Wachspalme 361.	
Benzol	361
Constitution des Benzols. Ansicht von Kekulé. Benzolring 361. — Substitutions- u. Additionsprodukte 362. — Diagonalformel von Claus 363. — Prismenformel von Ladenburg 365. — Octaëderformel von Thomsen 366. — Formel mit freien Verwandtschaften von E. Meyer 367. —	

	Seite
Forschungen von Baeyer zur Bildung von Terephtalsäure aus Succinylbernsteinsäure 368. — Centrische Formel von Baeyer 370. — Nochmals die Formel von Kekulé 371. — Gewinnung des Benzols aus Steinkohlentheer 373, aus Kohlendampf, Dampfgas, Petroleumrückständen 374. — Thiophen. Auftreten im Benzol 375. — Darstellung, Eigenschaften 376. — Schwefelkohlenstoff im Benzol. Eigenschaften des Benzols. Isomeres Benzol 377.	
<hr/>	
Neurolog für das Jahr 1891	379

Jahrbuch der Erfindungen.

Heinrich Friedrich Bretschel.

Geboren den 21. Oct. 1830 in Prielitz,
Gestorben den 2. Febr. 1892 in Freiberg.

Am 2. Februar 1892 verschied an den Folgen einer Operation, der er sich in Dresden unterzogen hatte, Herr Berg-rath Professor Dr. phil. Heinrich Bretschel. Mit ihm erlitt nicht nur seine Familie, sein Freundes- und Schüler-kreis einen unerseßlichen Verlust, sondern auch die Wissenschaft beklagt an seinem Grabe einen ihrer treuesten und thätigsten Vertreter. Vor allem aber ist es dem Verleger und den Ver-fassern des „Jahrbuchs der Erfindungen“ eine Ehrenpflicht, dem geistvollen Mitbegründer dieses Jahrbuchs, dem durch 27 Jahre getreuen Mitarbeiter am Werke, Worte des wärm-sten Dankes und der vollsten Anerkennung über sein Grab hinaus nachzurufen.

Bretschel war der Sohn eines Gärtners in Prielitz bei Ramenz, wo er am 21. Oct. 1830 geboren wurde. Seinen Schulunterricht genoß er aber in Dresden, wohin seine Eltern gezogen waren. Schon hier zeigte sich seine Begabung für Mathematik in so hervorragender Weise, daß sich einflußreiche Gönner für ihn interessirten und ihm die Mittel zum Stu-dium verschafften. Bretschel bezog im Jahre 1847 die tech-nische Bildungsanstalt (jetzige technische Hochschule) in Dresden, um sich für den Beruf des Technikers auszubilden. Bald aber erkannte er, daß ihn Neigung und Befähigung zum Lehr-berufe trieben, weshalb er 1851 auf die Universität Leipzig übersiedelte. Hier studirte er bis 1854 vorzugsweise Mathe-matik, dann aber auch Geographie, Mineralogie und Geo-logie u. a. m. Gleichzeitig vervollständigte er seine Kenntnisse der lateinischen Sprache und erlernte das Griechische, was ihm ermöglichte, im Jahre 1853 die Reiseprüfung an der Nicolai-schule in Leipzig mit bestem Erfolge zu bestehen. Schon im folgenden Jahre machte er das Universitätsexamen als Kan-

didat des höheren Schulamts (Sect. III) und erhielt die zuvor noch nicht ertheilte Censur I. Er trat nunmehr eine Stellung als Lehrer der Mathematik an dem von Dr. Hauschild gegründeten Gesamtgymnasium in Leipzig an und ertheilte vom Jahre 1856 ab auch den mathematischen Unterricht an der Leipziger öffentlichen Handelslehranstalt. 1872 erhielt er einen Ruf an die Bergakademie in Freiberg und trat seine Professur im Januar 1873 an. Er trug hier bis zu seinem Ende verschiedene mathematische Fächer vor; im Jahre 1890/91 die folgenden: höhere Mathematik, darstellende Geometrie mit graphischen Uebungen, sphärische Trigonometrie, Theorie der höheren Gleichungen, mathematische Grundlagen des Versicherungswesens. In Anerkennung seiner Verdienste um die Bergakademie erhielt Gretschel den Titel „Bergrath“ und wurde im Jahre 1887 durch das Ritterkreuz des Albrechtordens I. Kl. ausgezeichnet. Noch kurz vor seinem Tode wurde ihm die Verwaltung der berühmten bergakademischen Bibliothek übertragen. Von dem Ansehen, welches er sich als Mann der Wissenschaft, wie als Lehrer, nicht minder aber durch seine persönliche Liebenswürdigkeit und Bescheidenheit erworben hatte, gaben die seltenen Ehren Kunde, die seiner sterblichen Hülle nach seinem (am 2. Febr. 1892 erfolgten) Hinscheiden von einer durch Zahl und Bedeutung hervorragenden Trauerversammlung erwiesen worden sind.

Das Lebensbild dieses hochbegabten Mannes wäre aber sehr unvollständig, wenn nicht darauf hingewiesen würde, wie er Zeit seines Lebens rastlos und unermüdet eine ausgedehnte wissenschaftlich-literarische Thätigkeit entfaltet hat. An einer großen Anzahl wissenschaftlicher Zeitschriften war er Mitarbeiter; so z. B. am Literarischen Centralblatt, an der Schlämilch'schen Zeitschrift für Mathematik und am Grunert'schen Archiv der Mathematik. In letzterem hat er in den Jahren 1865—1870 (Bd. 42, 43, 45 und 51) eine Reihe von wissenschaftlichen Studien veröffentlicht, die sich auf mathematische Stoffe beziehen. Ferner ist er der Verfasser der Aufsätze über Astronomie, Chronologie und Mathematik im Meyer'schen Conversationslexicon. Die Zahl seiner selbständigen Werke ist außerordentlich groß; sie umfaßt Arbeiten über Geometrie, Kartenprojection, Physik, Meteorologie und Bau von Musikinstrumenten und ist im An-

schlusse an diesen Nachruf aufgeführt. An dieser Stelle ist vor allem seiner Arbeit am „Jahrbuch der Erfindungen“ zu gedenken; denn seit dem Jahre 1865, in welchem er auf Anregung der Verleger in Gemeinschaft mit Professor Dr. Hirzel das Jahrbuch begründete, ist Gretschel ununterbrochen für dasselbe thätig gewesen. In der ihm eigenen lichtvollen Darstellung und mit bewunderungswürdiger Beherrschung der verschiedenartigen wissenschaftlichen Fächer hat er 27 Jahre lang über Astronomie, Physik, Meteorologie, bis zum Jahre 1874 (wo dieses Kapitel des Jahrbuchs aus Mangel an Raum in Wegfall kam) auch über Mechanik und mechanische Technologie berichtet. Mit glücklichem Griffe wußte er stets das Wichtigste hervorzuheben und mit der Sicherheit des Meisters es so wieder zu geben, daß es, den Zwecken des Jahrbuchs entsprechend, auch demjenigen verständlich blieb, der nicht über das tiefe und umfassende Wissen Gretschels gebot.

Das Jahrbuch der Erfindungen wird, so hoffen wir, wie bisher weiter gedeihen und sich seinen Leserkreis erhalten; den Weg, auf welchem dies geschehen kann, hat uns aber Heinrich Gretschel vorgezeichnet. In treuer Verehrung und mit aufrichtiger Trauer rufen wir ihm nach: „Dein Gedächtniß bleibt uns allezeit wach und dein Werk uns werth; ruhe in Frieden!“

G. B.

Verzeichniß der selbständigen wissenschaftlichen Werke Heinrich Gretschels in der Reihenfolge des erstmaligen Erscheinens.

Jahrbuch der Erfindungen. 1.—27. Jahrgang; einige Abschnitte des 28. Jahrgangs. Astronomie, Physik, Meteorologie; in Bd. 1—9 auch Mechanik und mechanische Technologie. Jahre 1865—1891, bez. 1892. Leipzig, Quandt u. Händel.

Katechismus der Meteorologie. 1867. Leipzig, J. J. Weber. (2. Aufl. 1878).

Katechismus der Physik. 1865. Leipzig, J. J. Weber. (3. Aufl. 1882).

Lehrbuch zur Einführung in die organische Geometrie. 1868. Leipzig, Quandt u. Händel.

- Lehrbuch der Geigen- und Bogenmacherkunst. 1869.
Weimar, Voigt.
- Der Pianofortebau (in Gemeinschaft mit Blüthner).
1872. Weimar, Voigt.
- Lehrbuch der Kartenprojection. 1873. Weimar, Voigt.
- Das Telephon, der Phonograph und das Mikro-
phon. Drei akustische Erfindungen der neuesten Zeit. Son-
derabdruck aus d. Jahrbuch d. Erfindungen 12. Jahrg. 1878.
Leipzig, Quandt u. Händel. (2. Aufl. 1883).
- Uebersetzung von Crookes, strahlende Materie. 1879.
Leipzig, Quandt u. Händel (Neudruck 1882).
- Uebersetzung von Spottiswoode, die Mathematik in
ihren Beziehungen zu den anderen Wissenschaften. 1879.
Leipzig, Quandt u. Händel.
- Uebersetzung von Bell, das Photophon. 1880. Leipzig,
Quandt u. Händel.
- Lexikon der Astronomie. 1882. Leipzig, Bibliograph.
Institut.
-

I.

Astronomie.

Die Sonne.

Sonnenparallaxe. — In früheren Bänden dieses Jahrbuchs (XI, S. 35; XVIII, S. 27; XIX, S. 25) ist der Expeditionen gedacht worden, welche von den verschiedenen Staaten ausgesandt worden sind, um die beiden Vorübergänge der Venus vor der Sonne am 8. December 1874 und am 6. December 1882 zu beobachten. Diese Beobachtungen sollten als Grundlagen zu einer genaueren Ermittlung der Sonnenparallaxe und damit des Abstandes zwischen Erde und Sonne dienen. Die Beobachtungen waren von verschiedener Art: theils Beobachtungen des Momentes der Berührung der Ränder von Venus und Sonne; theils photographische Aufnahmen in bestimmten Augenblicken, durch deren Ausmessung sich die Abstände der Venus- und Sonnenscheibe wie auch die Positionswinkel dieser Abstände ergeben, endlich directe Messungen der Abstände zwischen Sonnen- und Venusrand mit Hilfe des Heliometers.

Photographische Aufnahmen sind besonders zahlreich von den Expeditionen der Vereinigten Staaten erhalten und die daraus abgeleiteten Ergebnisse schon vor längerer Zeit veröffentlicht worden. Aus der von Harkness bewirkten Ausmessung von 213 bei dem Venusdurchgange von 1874 erhaltenen Platten hat Todd für die Sonnenparallaxe die Werthe berechnet

$$\begin{aligned} \text{nach den Distanzen} & \dots \pi = 8.883'' \\ = \text{Positionswinkeln} & \dots \pi = 8.873; \end{aligned}$$

aus den Messungen der Abstände auf 1475 Platten von 1882
dagegen hat Harkneß

$$\pi = 8.847'' \pm 0.012''$$

gefunden und aus den Positionswinkeln auf 1426 solcher
Platten

$$\pi = 8.772'' \pm 0.050'';$$

als wahrscheinlichsten Werth, der sich aus der Ausmessung der
amerikanischen Aufnahmen von 1882 überhaupt ergibt, be-
trachtet er

$$\pi = 8.842'' \pm 0.011''.$$

Von deutscher Seite hat man besonderes Gewicht auf die
Heliometer-Messungen gelegt, und es sind bei dem Venus-
durchgange von 1874 im Ganzen 308, bei dem des Jahres
1882 aber 446 Messungen des Abstandes zwischen Sonnen-
und Venusrand mit vier kleinen Fraunhofer'schen Heliometern
ausgeführt worden, die sich folgendermaßen auf die einzelnen
Beobachtungsstationen vertheilen:

1874	Tschifu	96	Messungen
	Kerguelen-Inseln	65	=
	Auckland =	97	=
	Mauritius	50	=
1882	Hartford	128	=
	Nifen	48	=
	Bahia Blanca	112	=
	Punta Arenas	158	=

Ueber die aus der Bearbeitung dieser Messungen gewonnenen
Ergebnisse hat nun neuerdings Auwers Bericht erstattet.¹⁾
Hiernach wurden von sämtlichen Messungen drei als ent-
schieden fehlerhaft ausgeschieden, und es ergab sich aus 307
Messungen von 1874

$$\pi = 8.873'' \pm 0.042'',$$

aus 444 Messungen von 1882 aber

$$\pi = 8.883'' \pm 0.025'',$$

und endlich aus der Gesammtheit aller 751 Heliometermes-
sungen

$$\pi = 8.880 \pm 0.022''$$

als wahrscheinlichster Werth der Sonnenparallaxe.

Hieraus ergibt sich die mittlere Entfernung des Erd-
mittelpunktes von dem der Sonne zu 148 138 000 km.

(E. J. Stone berechnet²⁾ aus den Eintritts- und Aus-

1) Astr. Nachr. Bd. 128, Nr. 3060.

2) Monthly Notices Bd. LII, p. 124.

trittsbeobachtungen, welche auf den englischen Stationen vom Venusdurchgang 1882 gelungen sind, die Sonnenparallaxe zu

$$\pi = 8.850'' \pm 0.024''.$$

Der Werth, zu welchem Battermann bei Bearbeitung der von ihm beobachteten Sternbedeckungen durch den Mond gelangt ¹⁾, lautet:

$$\pi = 8.794'' \pm 0.016''.$$

Für den Sonnendurchmesser haben die auf den deutschen Stationen zur Beobachtung der Venusdurchgänge von 1874 und 1882, sowie die im Anschluß an die Expeditionsarbeiten vor- und nachher von den Astronomen dieser Expeditionen, wie auch gelegentlich von einigen anderen Beobachtern ausgeführten Messungen des Sonnendurchmessers an den kleinen Fraunhofer'schen Heliometern eine große Anzahl von Mittelwerthen für die einzelnen Beobachtungsreihen ergeben. Die Endergebnisse für die einzelnen 29 Beobachter sind folgende:

Hartwig	1920.29''	Ambrohn	1919.28''
Seeliger	19.99	Marcuse	19.26
Glasenapp	19.89	Bauschinger	19.19
Valentiner	19.74	Adolph	19.12
H. C. Vogel	19.67	Kempf	19.12
Wittstein	19.61	Rüstner	19.06
Winnecke	19.61	Peter	18.93
Weinck	19.61	Müller	18.93
Schur	19.55	Börger	18.50
Peters	19.51	Schrader	18.45
Wislicenus	19.46	Bechüle	18.45
Robold	19.42	Löw	18.42
Auwers	19.41	Deichmüller	18.42
Franz	19.33	Glauß	18.38
Battermann	19.31		

Als wahrscheinlichsten Mittelwerth für den Durchmesser der Sonne in mittlerer Entfernung findet Auwers ²⁾

$$1919.26'' \pm 0.12''.$$

Von überraschender Größe sind allerdings die persönlichen Gleichungen der einzelnen Beobachter; aber abgesehen

1) Beobachtungsergebnisse der k. Sternw. Berlin, Heft 5.

2) Astr. Nachr. Bd. 128, Nr. 3068.

davon hat sich die heliometrische Bestimmung des Sonnendurchmessers als vorzüglich sicher, namentlich als in ganz bemerkenswerthem Grade unabhängig von allen Nebenumständen, als Ruhe und Schärfe der Bilder, Durchsichtigkeit der Luft und Beschaffenheit des Himmelsgrundes, Stärke der Dämpfung, nach den von Auwers bei anderer Gelegenheit am Cap der Guten Hoffnung ausgeführten Beobachtungen auch von der Farbe des Blendglases unabhängig ergeben.

In den persönlichen Gleichungen spielt die Neigung des gemessenen Durchmessers gegen den Horizont eine zwar nur untergeordnete, aber doch in vielen Fällen deutlich erkennbare Rolle, meist in dem Sinne, daß nahezu verticale Durchmesser etwas größer gemessen sind, als nahezu horizontale. Die angestellten Messungen decken die ganze Peripherie der Sonnenscheibe, und ihnen zufolge ist der Sonnenkörper durchaus als kugelförmig anzunehmen. In 17 Beobachtungsreihen erscheint allerdings die Drehungsachse um einen geringen Betrag kleiner als der Aequatordurchmesser, dagegen findet in 28 Beobachtungsreihen das Gegentheil statt, aus der Gesammtheit der für diese Frage in Betracht kommenden Reihen würde sich der Polardurchmesser um $\frac{1}{60000}$ größer ergeben als der des Aequators. Indessen erblickt Auwers hierin lediglich eine Tendenz der Beobachter, in verticaler Richtung größer zu messen als in horizontaler. Jedenfalls ist die Abplattung der Sonne, wenn eine solche vorhanden ist, nur äußerst gering, und $\frac{1}{50000}$ dürfte wohl eine nicht zu überschreitende Grenze bezeichnen.

Wenn der Werth $1919.26''$ für den Sonnendurchmesser noch merklich falsch sein sollte infolge von Irradiation und Beugung, so kann er nur zu groß sein. Um so mehr aber weichen dann die bisher von den astronomischen Jahrbüchern benutzten, aus Meridianbeobachtungen abgeleiteten Werthe von der Wahrheit ab. Das Berliner Jahrbuch rechnet gegenwärtig mit dem Werthe $1922.4''$, wird aber mit dem Jahrgange 1895 den Werth $1919.26''$ annehmen, von dem Auwers wünschen möchte, daß er „allgemein in den astronomischen Ephemeriden fortan so lange zu Grunde gelegt würde, bis man ihn durch einen noch genaueren ersetzen kann.“ *Connaissance des Temps* und *Nautical Almanac* bedienen sich des Werthes

1923·64'', die American Ephemeris rechnet in der Sonnenephemeride mit 1924·0''. Diese Werthe sind lediglich aus praktischen Erwägungen beibehalten worden, obwohl man sich von ihrer Unhaltbarkeit längst überzeugen konnte.

Aus $2r = 1919·26''$ folgt der Sonnendurchmesser gleich 1 383 500 km oder 186 440 geogr. Meilen. Die Ungewißheit in diesem Werthe würde bloß 75 km (= 10 g. M.) betragen, wäre die Distanz der Sonne nicht so unsicher, wie sie es nach den verschiedenen Ergebnissen für die Sonnenparallaxe in Wirklichkeit ist. Wir können uns daher mit runden Ziffern begnügen und zwar kann man annehmen:

Entfernung der Sonne = 149 Mill. km = 20 Mill. Meilen
 Durchmesser = = = 1 380 000 km = 186 000 =

Neptun, der äußerste bekannte Planet, würde demnach von der Sonne im Mittel 4470 Mill. km = 602 Mill. Meilen abstehen.

Marchand¹⁾ hat 1891 die Sonne regelmäßig mit einem Refractor von 19 cm Oeffnung in Lyon beobachtet und giebt speciell die von den Flecken und Fackeln bedeckten Flächen an, ausgedrückt in Milliontheilen der uns sichtbaren Sonnenhemisphäre:

I. Flecken:

Januar	385	Juli	1696
Februar	503	August	957
März	265	September	2469
April	726	October	1180
Mai	670	November	748
Juni	968	December	947

Das erste Halbjahr hatte 65 Gruppen mit 3517 Milliontel Oberfläche, das zweite 101 Gruppen mit 7997 Milliontel Oberfläche ergeben; seit April war kein fleckenfreier Tag mehr eingetreten. Die Steigerung der Sonnenthätigkeit ist also eine rapide gewesen. Der Nordhemisphäre der Sonne gehörten 109, der südlichen nur 57 Gruppen an. Die Fleckenzone nähert sich rasch dem Aequator; denn von den 65 Gruppen der ersten 6 Monate waren 22 dem Aequator näher als 20°,

1) Comptes rend. Bd. CXIII, p. 64 und Bd. CXIV, p. 200.

und davon nur 4 näher als 15° . Von den 101 Gruppen des zweiten Semesters dagegen fanden sich 3 in der Aequatorzone (zwischen -10° und $+10^{\circ}$ Breite), 55 in Breiten zwischen 10° und 20° (nördlich und südlich) und 42 Gruppen über 20° . Procentisch ausgedrückt waren vom Januar bis Juni die Breiten geringer als 20° in 34 vom Hundert, dagegen vom Juli bis December in 57 vom Hundert.

II. Fackeln:

Januar	12.5	Juli	38.2
Februar	20.7	August	40.5
März	15.9	September	51.3
April	25.4	October	49.6
Mai	22.1	November	39.2
Juni	29.7	December	50.0
Summe	126.3	Summe	268.8

Thätigkeit der Sonne im Jahre 1891. — Die Beobachtungen der Sonne auf der Sternwarte des Collegio Romano in Rom haben nach Tacchini zu folgender Tabelle über die Häufigkeit und Größe der Flecken *z.* geführt.¹⁾

1891	Relative Häufigkeit der Tage ohne Flecken	Relative Häufigkeit der Sonnen- flecken	Relative Größe der Sonnen- flecken	Relative Größe der Fackeln	Tägliche Zahl der Flecken- gruppen
Januar	0.30	1.56	18.50	16.88	1.38
Februar	0.15	2.31	24.04	89.62	2.38
März	0.14	1.27	11.91	41.82	1.45
April	0.00	9.24	24.56	55.60	2.36
Mai	0.00	14.35	48.14	51.82	4.09
Juni	0.00	16.88	47.00	89.38	3.80
Juli	0.00	18.65	76.26	82.03	4.03
August	0.06	8.84	49.06	70.81	2.94
September	0.00	17.52	114.45	61.10	4.10
October	0.00	15.54	54.69	85.77	4.96
November	0.00	12.50	61.38	51.50	3.41
December	0.00	8.57	42.18	35.36	2.68

Ferner giebt Tacchini a. a. O. folgende Uebersicht über die Protuberanzen:

1) Comptes rendus Bd. CXII, p. 1044; CXIII, p. 323 u. 769; CXIV, p. 156.

1891	Zahl der Beobachtungstage	Mittlere Zahl	Mittlere Höhe der Protuberanzen	Mittlere Ausdehnung
Januar	13	4.62	36.9''	1.3°
Februar	22	7.55	44.1	1.8
März	17	6.12	40.1	1.5
April	18	7.50	42.3	1.5
Mai	21	4.62	37.3	1.4
Juni	19	5.53	39.4	1.8
Juli	30	8.37	40.2	1.4
August	30	6.77	41.0	1.9
September	23	9.26	41.4	2.2
October	22	9.82	43.6	1.7
November	15	5.73	35.4	1.6
December	21	6.48	40.2	2.2

Die Zahl der Tage, an welchen Beobachtungen der Sonne überhaupt hatten gemacht werden können, beläuft sich auf 284. Nur an 14 Tagen unter dieser Gesamtzahl waren keine Flecken zu sehen, die relative Häufigkeit der Tage ohne Flecken würde somit 0.05 sein. Die größte beobachtete Höhe mit 142'' fällt einer Protuberanz im Monat August zu.

Rudolf Wolf's Relativzahlen der Sonnenflecken r und die in Mailand beobachteten magnetischen Variationen v , sowie die Zunahme dieser Zahlen gegen das Vorjahr (dr und dv) sind in folgender Tabelle für die einzelnen Monate des Jahres 1891 gegeben ¹⁾:

	r	dr	v	dv
Januar	17.1	+ 11.0	3.71'	+ 0.69'
Februar	23.0	+ 22.1	4.51	— 0.30
März	10.0	+ 4.7	7.85	+ 0.36
April	19.4	+ 17.9	10.58	+ 1.90
Mai	43.2	+ 38.6	10.70	+ 3.00
Juni	48.7	+ 47.3	10.36	+ 1.52
Juli	59.1	+ 47.7	10.98	+ 2.41
August	32.6	+ 24.9	9.96	+ 1.96
September	52.1	+ 35.4	8.55	+ 1.45
October	50.4	+ 39.3	8.49	— 0.23
November	41.0	+ 33.8	4.73	+ 1.63
December	30.6	+ 23.4	8.85	+ 0.31
Mittel	35.6	+ 28.8	7.77	+ 1.22

1) Comptes rendus Bd. CXIV, p. 102.

Die Relativzahlen und die magnetischen Variationen haben also zugenommen; der Parallelismus zwischen beiden Erscheinungen bestätigt sich wiederum, denn der bereits früher abgeleitete Coëfficient 0.045 von r giebt aus $dr = +28.8$ für dv den Werth 1.30 statt 1.22 , also fast genau stimmend. R. Wolf findet aus der Discussion der Relativzahlen und magnetischen Variationen der letzten Jahre die Zeit des letzten Minimums der Sonnenflecken: 1889.6 .

Spörer hat vor einem Jahrzehnt darauf hingewiesen, daß in der elfjährigen Periode der Sonnenthätigkeit die Flecken bis zu der Epoche des Minimums sich mehr und mehr dem Aequator nähern; daß sie dann, nachdem das Minimum vorüber, zuerst wieder in hohen heliographischen Breiten auftreten, um im Verlauf der neuen Periode wieder zum Aequator herabzugehen. A. Riccò hat nun aus den von 1880 bis 1890 in Palermo mit einem und demselben Instrument nach derselben Methode angestellten und berechneten Beobachtungen das gleiche Gesetz auch für die Protuberanzen nachgewiesen. In diesen elf Jahren sind an 2207 Tagen 7663 Protuberanzen von $30''$ Höhe oder darüber mit einem Merz'schen Refractor und einem Tauber'schen Spectroskop mit zwei Prismensystemen von gerader Durchsicht beobachtet worden.

Die Thatsache, daß die der zweiten Gruppe des periodischen Systems angehörigen Leichtmetalle Calcium, Strontium und Barium, als Dryde mit Magnesiumpulver in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas sehr lange auf Rothgluth erhitzt Wasserstoffverbindungen geben, welche anscheinend recht feuerbeständig sind, hat Winkler auf den Gedanken einer Erklärung der Protuberanzen und überhaupt verschiedener Erscheinungen in der glühenden Photosphäre der Fixsterne gebracht.¹⁾ Der Wasserstoff spielt auf der Sonne und vielen Fixsternen eine große Rolle und ebenso sind dort, namentlich in den Gasausbrüchen auf der Sonne, Calcium und Magnesium nachgewiesen. Vielleicht bestehen diese Gasausbrüche aus Hydrüren der genannten Metalle, welche im Zustande der Dissociation emporgeschleudert werden und sich in den höheren Regionen infolge der Abkühlung wieder vereinigen. Dadurch

1) Berichte der deutschen chem. Gesellsch. XXIV, S. 1966.

würde das unbegreiflich rasche Verschwinden dieser Gasmassen sehr einfach erklärt. Diese Hydrüre sind übrigens sehr wohl in einer Sternphotosphäre neben Sauerstoff denkbar, da sie bei Temperaturen beständig sein können, welche über der Dissoziationstemperatur des Wassers liegen. Schreitet aber die Abkühlung des Sternes weiter vor, so muß sich einmal der Calciumwasserstoff unter Feuererscheinung mit dem Sauerstoff verbinden. Auf solche Weise erklärt sich vielleicht das plötzliche Aufflammen eines Sternes der nördlichen Krone im Jahre 1866. Die bei diesem Proceß entstehenden Verbrennungsproducte CaO und H_2O werden bei weiterer Abkühlung auf einander einwirken und $\text{Ca}(\text{HO})_2$ bilden, oder es werden sich unter Mitwirkung anderer Elemente Kohlenstoff, Silicium Calciumsalze bilden, während das Wasser im freien Zustande zurückbleibt, wie auf der Erde.

Während bei dem spectroscopischen Studium der Chromosphäre und der Protuberanzen vorzugsweise meist die leuchtenden Theile des Sonnenspectrums berücksichtigt werden, hat Deslandres auf der Pariser Sternwarte gerade das Blau, Violett und Ultraviolett bis zur Wellenlänge $380 \mu\mu$ ¹⁾ untersucht. Er benutzte dazu den Foucault'schen Siderostat, ein altes 12 zölliges für chemische Strahlen achromatisch gemachtes Objectiv und ein photographisches Spectroskop mit 1, 2 oder 3 Prismen.

Trotz der geringen Zerstreuung zeigten die Photographien die permanenten Chromosphärenlinien im Blau und Violett, welche Young bei Beobachtung mit dem Auge auf einer 2800 m hohen Station erkannt hat, nämlich die Wasserstofflinien G' und h und die Calciumlinien H und K. Aber in den Helligkeitsverhältnissen zeigten die Photographien wesentliche Verschiedenheiten gegenüber den Wahrnehmungen Young's. Während dieser die an der Grenze der Sichtbarkeit stehenden Linien H und K dreißigmal so schwach fand als die Wasserstofflinie G', sind diese Linien auf den zahlreichen photographischen Platten, welche im Mai, Juni und Juli 1891 von dem ganzen Sonnenumfange hergestellt worden sind, viel intensiver und länger als die Wasserstofflinien und erscheinen oft stark, wenn die Wasserstofflinien sehr schwach sind.

1) Comptes rendus Bd. CXIII, p. 307.

Auch die beständige, von Young einem unbekanntem Element zugeschriebene Linie, die etwas weniger brechbar ist als H, wurde von Deslandres erhalten und durch Vergleichung mit einer Geißler'schen Röhre als dem Wasserstoff zugehörig erkannt.

Auch wurden im unsichtbaren Theile des Spectrums zwei neue beständige Linien erkannt, entsprechend den zwei ersten Wasserstofflinien von Huggins' Sternreihe.

Die auffallendste Thatsache aber, welche Deslandres erkannt hat, ist das entschiedene Vorherrschen der Calciumlinien. Die Dämpfe dieses Elementes müssen sich daher höher erheben als der Wasserstoff, was auf den ersten Blick befremdet. Man muß aber bedenken, daß die Linien H und K die breitesten des normalen Sonnenspectrums sind, also auch in der absorbirenden Schicht sehr stark erscheinen müssen. Dieselben haben auch auf den von Abney und Schuster bei den Sonnenfinsternissen von 1882, 1883 und 1886 gewonnenen Photographien des Coronaspectrums eine große Ausdehnung.

Von praktischer Bedeutung ist der Umstand, daß man diese hellen Calciumlinien schon bei geringer Zerstreuung erhalten kann; da sie sich auf einem breiten schwarzen Hintergrund projeciren, so gelangen sie leicht zur Wahrnehmung; deshalb läßt sich ihre weite Verbreitung auch leicht nachweisen.

Deslandres¹⁾ legte am 17. Aug. 1891 der Pariser Akademie Photographien der Umkehrung der Calciumlinien vor. Auf der einen Aufnahme war eine Protuberanz dargestellt vom 18. Juli 2 Uhr 55 Minuten Nachmittags, welche eine kreisende Bewegung zeigte: Das eine Ende näherte sich der Erde mit einer Geschwindigkeit von etwa 62 km, das andere mit einer solchen von 25 km; die Drehung erfolgte im Sinne der Sonnenrotation. Es scheint hiernach für die Wirbelstürme auf der Sonne das gleiche Gesetz zu gelten wie für die auf der Erde.

Zur Herstellung dieser Photographien ist eine Belichtung von höchstens 2 Secunden ausreichend, und es eignen sich daher dieselben zu regelmäßiger Untersuchung der Bewegungen auf der Sonnenoberfläche und der Gestalt der Protuberanzen.

1) Comptes rendus Bd. CXIII, p. 307.

Deslandres läßt zu diesem Zwecke sein Spectroskop um eine auf den Sonnenmittelpunkt gerichtete Achse rotiren, so daß die Mitte des Spaltes stets auf dem Sonnenrade bleibt und dieser nach und nach in seiner ganzen Ausdehnung auf den Spalt fällt. Dabei verschiebt sich die empfindliche Platte mit derselben Geschwindigkeit wie die Mitte des Spaltes, und ein Diaphragma vor der Platte läßt auf diese nur die Calciumlinie K fallen. Um die Form der Protuberanzen zu erhalten, werden die raschen Rotationen durch kurze Belichtungen von 2 Secunden unterbrochen, so daß man auf der Platte eine Reihe kurz aufeinander folgender Bilder der K-Linie erhält.

Diese Untersuchungen hat Deslandres fortgesetzt ¹⁾ mit verbessertem Apparate. Es wurde ein Siderostat von Foucault und ein 8-zölliger versilberter Concavspiegel angewendet und statt des Prismenspectroskopes ein Rowland'sches Gitter und Quarzlinfen benützt. In der zweiten Hälfte von 1891 erhielt Deslandres nun bei mehreren Protuberanzen die Reihe ultravioletter Wasserstofflinien, welche Huggins zuerst bei den Sternen vom I. Typus gefunden hat; Hale hatte 5 derselben gesehen, Young 4, Deslandres selbst 8, alle schön deutlich, so daß man, wie er meint, auch die zwei letzten der Reihe bekäme, wenn man die Beobachtungen auf einer hochgelegenen Station fortsetzte. So zeigt also die Sonne, obwohl den Sternen des II. Typus verwandt, doch in gewissen Partien ihrer Atmosphäre Eigenthümlichkeiten des I. Spectraltypus. „Diese Thatsache ist sehr wichtig; denn sie stützt unsere gegenwärtigen Ansichten über die Entwicklung der Gestirne.“

Dieselbe Protuberanz, welche in Nizza gesehen wurde, ist auch von Jules Fényi in Kalocsa beobachtet worden.²⁾ Sie trat auf über einer im Entstehen begriffenen Fleckengruppe in 21° Breite, die am 17. Juni um 5 Uhr 30 Min. mittl. Pariser Zeit an den westlichen Sonnenrand trat. Ein 18" hohe Erhebung von blendendem Glanz, 278° 22' bis 281° vom Himmelspole entfernt mit einem Flammenausbruch in 282° 42' war der Ursprung einer äußerst heftigen Eruption. Um 4 Uhr 36 Min. P. Z. erreichten die losgerissenen Theile

1) Comptes rendus Bd. CXIV, p. 276.

2) Comptes rendus Bd. CXIII, p. 310.

die Höhe von 109". Für die Heftigkeit der Eruption sprach nicht nur die Thatsache, daß die rothe Linie $\lambda = 667.7 \mu\mu$ sehr hell erschien, sondern weiter auch der Umstand, daß die unteren Theile der Protuberanz bis zur Höhe von 13" in dieser Metalllinie sichtbar waren. Um 4 Uhr 54 Minuten P. Z. strahlte der Punkt bei 281° so lebhaft, daß sein röthliches Licht weiß zu werden schien, und gleichzeitig trat in mäßiger Höhe eine beträchtliche Verschiebung des Spectrallichtes gegen das Blau hin ein, zum Zeichen einer mit wunderbarer Geschwindigkeit von statten gehenden Annäherung des Wasserstoffs in der Gesichtslinie. Die Messungen ergaben 797 km und 890 km in der Secunde. Weitere Messungen zeigten, daß die ganze Flammensäule, deren oberster Gipfel eine Höhe von 256.9" erreichte und die wie eine einzige Masse mit erstaunlicher Geschwindigkeit fast vertical aufstieg, eine Höhe von ungefähr 111" Secunden besaß. Die Geschwindigkeit, mit welcher diese Masse sich uns näherte, fand Fényi 337 km und 449 km in der Secunde. Die Geschwindigkeit des Aufsteigens giebt er zu 485 km mindestens an, und da die Masse auch noch eine Bewegung in Richtung des Meridians hatte, so betrug ihre totale Geschwindigkeit mehr als 1000 km in der Secunde.

Fényi schließt daraus, daß es nicht möglich ist, die großen Bewegungen in der Atmosphäre der Sonne auf bloße Gasausströmungen zurückzuführen; vielmehr sei die Sonne im Stande, Massen hinaus zu schleudern in den Weltraum, die nicht wieder zu ihr zurückkehren, und dazu seien andere Kräfte erforderlich als die atomistischen Bewegungen bei der Expansion der Gase, vielleicht elektrische.

An demselben Orte der Sonne bemerkte übrigens Fényi auch am 1. Juli bei seinem Wiedererscheinen am Ostrand der Sonne noch lebhafteste Thätigkeit.

Eine enorm ausgedehnte Fleckengruppe erschien im Februar 1892¹⁾, mit einem Durchmesser von über 4', so daß sie bequem mit bloßem Auge zu sehen war. Janssen legte der Pariser Akademie photographische Aufnahmen vor, die am 5., 9., 12. und 17. Februar gewonnen sind und auf denen man

1) Comptes rendus Bd. CXIV, p. 389.

verwickelte Bewegungen erkennt. Daß die gleichzeitig eingetretenen magnetischen Störungen und intensiven Nordlichter auf der Erde mit dem Erscheinen der großen Gruppe zusammenhängen, hält Janssen für unbewiesen. Zu Kalocsa wurden von Fényi an dieser Gruppe interessante Wahrnehmungen gemacht. Am 7. Februar zeigten sich über dem großen Doppelfern (von nahe 1' Durchmesser) röthliche Wolken. Gleichzeitig war die C-Linie über beiden Kernen umgekehrt und erschien eben so hell, wie der continuirliche Hintergrund des Photosphärenspectrums außerhalb der Gruppe. Auch die F-Linie erschien hell. Am 19. Februar sollte die Gruppe den Westrand der Sonne in einem Positionswinkel zwischen 220° bis 230° erreicht haben. Im Spectroskop zeigte sich nun an diesem Tage um $9^h 17^m$ M. Z. Kalocsa eine Protuberanz von $124''$ Höhe, deren Basis sich von $219^{\circ} 20'$ bis $216^{\circ} 26'$ erstreckte. Durch die Mitte der Protuberanz ging ein leuchtendes Band, das 1.5 bis 2 Grad des Sonnenrandes einnahm und ein continuirliches Spectrum von sehr bedeutender Helligkeit gab. Die Länge desselben, also die Höhe der leuchtenden Masse ergab sich zu $25' 5'' \pm 3''$. (Mittels eines Helioskopes war an dieser Stelle des Sonnenrandes nichts zu sehen, auch nichts am Projectionsbilde der Sonne). Auch eine Reihe von Metallprotuberanzen erschien an dieser Gegend der Sonnenoberfläche. Am 3. März erschien am Ostrand der Sonne eine sehr helle Protuberanz mit rapider Bewegung.¹⁾ Die Linien im Spectrum hatten Fächergestalt, waren fächerförmig verbreitert. Diese Gestalt wird dadurch erzeugt, daß der Spalt des Spectroskopes das Licht von solchen Regionen in der Protuberanz zuläßt, die keine Bewegung in der Gesichtslinie besitzen (Spitze der Spectrallinie), von solchen, die sich rasch auf uns zu und drittens von solchen, die sich schnell von uns weg bewegen.

Deslandres erhielt ein photographisches Bild des Spectrums dieser Protuberanz, in dem verschiedene sonst fehlende Linien enthalten waren, die sich aber in dem Spectrum der Protuberanz vom 19. Februar finden, die mit der großen Fleckengruppe in Verbindung stand. Da inzwischen eine halbe Sonnenrotation stattgefunden hatte, mußte diese Gegend nun

1) Comptes rendus Bd. CXIV, p. 578.

am Ostrande wieder erscheinen. Die Protuberanz nahm bald an Intensität und Geschwindigkeit ab, jedoch waren auch am 4. u. 5. März in der Umgebung der Reste der großen Fleckengruppe noch heftige Bewegungen zu constatiren.

Auffallende Veränderungen eines großen Sonnenfleckes sind von Jakob Meller in Osterath beobachtet worden.¹⁾ Dieser Fleck, der größte einer Gruppe, befand sich am 28. Juni 1891 auf der südlichen Hälfte der Sonnenscheibe und hatte morgens 9 Uhr das Aussehen von Fig. 1. Der sehr zerrissene dunkle Kern enthält einige sehr schwarze Stellen neben An-

Fig. 1.



deutungen von lichten Stellen. Von ihm aus gehen wurzelartige Ausläufer in die Penumbra, welche eine radiale Structur zeigt, indem von der sehr zerrissenen äußeren Begrenzung matte Striche gegen den Kern hin convergiren. Der Durchmesser der Penumbra betrug an diesem Tage ungefähr 3.2 Erddurchmesser.

Figur 2 stellt die Gestalt des Fleckes am 29. Juni früh 9¹/₂ Uhr dar. Der Kern ist breiter

und besser zusammenhängend geworden, von schwarzen Stellen ist nur eine nahe am Ostrande vorhanden, die hellen Schleier im Innern aber sind deutlicher geworden. Der ganze Fleck scheint sich entgegen der Bewegung eines Uhrzeigers gedreht zu haben.

Am 30. Juni hatte der Fleck die Form von Figur 3, die Drehung war noch weiter vorgeschritten, die strahlige Structur der Penumbra trat noch deutlicher hervor, der Rand des Kernfleckes war wieder sehr zerrissen.

1) „Gaa“ 1892, Heft I, S. 53.

Die weitere Verfolgung seiner im vorigen Jahrgange dieses

Jahrbuchs erwähnten Studien über die Corona, insbesondere die Ausmessungen einiger von den Finsternissen vom 29. Juli 1878, 1. Jan. und 22. December 1889 herrührenden photographischen Coronaaufnahmen, haben Bigelow zu der Ueberzeugung geführt, daß die Coronapole in heliographischen Breiten von ungefähr 85° , aber nicht auf entgegengesetzten Meridianen liegen, daß vielmehr ihr Längenunterschied nur 104° beträgt, ähnlich wie auf der Erde der Längenunterschied der magnetischen Pole auch nur 115° beträgt. Die Lage dieser Pole bei den verschiedenen Finsternissen führt auf eine Rotationsdauer der polaren Regionen von 27.41 Tagen, welche allerdings mit keiner der aus den Fleckenbeobachtungen abgeleiteten Formeln über-

Fig. 2.



Fig. 3.



einstimmt. Bigelow hat weiter gefunden, daß die Hauptstrahlen der Corona von einer nur ungefähr 10° breiten Zone ausgehen, deren Mitte 34° von dem Corona-Pole entfernt ist. Diese Strahlen sind nicht zahlreich, aber ihre Ausdehnung ist beträchtlich. Etwa einen Sonnenhalbmesser weit lassen sie sich als leuchtende Ströme verfolgen, und wenn man auf ihre Krümmung Rücksicht nimmt, so liegen ihre äußersten Theile ungefähr senkrecht über der Zone größter Fleckenhäufigkeit. Nach Bigelow's Ansicht hört an diesen Stellen das Glühen der in den Strahlen emporgesührten Theile in Folge der Abkühlung auf, diese Massen erfahren auch jetzt keine polare Abstoßung mehr und fallen, der Schwere gehorchend, zur Sonne zurück. So dient diese Bigelow'sche Theorie der Ansicht mancher Forscher, wie Young, zur Stütze, daß in den Sonnenflecken Massentheilchen in tiefere Schichten des Sonnenkörpers herabsinken. Zur Sonne zurückgekehrt schließen sich diese Theilchen der allgemeinen, vom Aequator nach den Polen gerichteten Oberflächenströmung an und können durch sie wieder an ihren Ausgangspunkt zurückgeführt werden.

J. Wilsing¹⁾ sucht die Sonnenrotation als eine den äußeren Schichten der Sonnenatmosphäre eigenthümliche Bewegung zu erklären, welche den Rest einer ursprünglich vorhandenen Strömung bildet. Der Centrkörper der Sonne wird als umgeben gedacht von einer ausgedehnten kugelförmigen unzusammendrückbaren Hülle. Der innere Reibungscoëfficient dieser Hülle sei analog der der Gase bei normalem Drucke, aber hoher Temperatur. Wenn der Sonnenkern wie ein fester Körper rotirt, in der Hülle dagegen verschiedene Geschwindigkeiten herrschen, so wird die Reibung diese Geschwindigkeiten auszugleichen suchen. Um die jetzt vorhandenen Ungleichheiten in der Bewegung verschiedener Partien der Sonnenatmosphäre verschwinden zu machen, würde freilich ein langer Zeitraum erforderlich sein, gegen zwei Mill. Jahre. — Gleichzeitig sucht Wilsing die Periodicität der Sonnenflecken auf einfache mechanische Vorgänge zurückzuführen. Wenn man auch, wegen der hohen Temperatur, die Sonne als durchaus gasförmig anzunehmen hat, so muß doch dieses Gas in Folge des hohen Druckes

1) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3039, S. 233 ff.

Eigenschaften besitzen, wie sie sonst den Gasen fremd sind, es wird eine große Zähigkeit zeigen und in dieser Hinsicht Pech vergleichbar sein (nur daß das Gas bei vermindertem Drucke keine freie Oberfläche bilden kann). Bewegungen wird es also großen Widerstand entgegen setzen. Zieht sich nun die Sonne in Folge von Abkühlung zusammen, so müssen in ihrem Innern Massenverschiebungen eintreten. Geschieht dies aber nicht ganz symmetrisch, so wird die Coincidenz der Symmetrie- und der Rotationsaxe gestört. Die bewegliche Masse strebt zwar darnach diese Störung auszugleichen; doch kann die Bewegung erst stattfinden, wenn die starke Reibung überwunden und wenn also die Gleichgewichtsstörung zu einer gewissen Größe angewachsen ist; nunmehr löst sich die Spannung aus und der frühere Zustand ändert sich sprungweise. Außerliche Kennzeichen der inneren Vorgänge sind die Protuberanzen und Flecken, deren Zahl nach dem Minimum bekanntlich rasch anwächst. Auch beginnt die Zone größter Häufigkeit nahe beim Aequator, rückt langsam gegen die Pole hin, wobei die Sonnenthätigkeit nach und nach abnimmt. So stellt sich wieder der ursprüngliche relative Ruhezustand ein, während dessen die Spannung sich so weit steigert, daß der Cyclus von neuem beginnt. Eine gewisse Regelmäßigkeit liegt in der Natur der Sache, sie kann aber selbstverständlich keine strenge sein.

Der französische Physiker Fizeau hat neue Hypothesen über die Protuberanzen aufgestellt.¹⁾ Irrigerweise nimmt er an, daß die Bewegung der Gasmassen Aberration hervorrufe, d. h. der Ort der Protuberanz und ihrer Theile verschiebe sich um je 20'', für je 30 km Geschwindigkeit. Die Aberration entsteht aber nur dadurch, daß die Erde sich bewegt, und daß die Lichtstrahlen scheinbar abgelenkt werden, gerade wie Einem Regentropfen, wenn sie auch ganz senkrecht herabfallen, ins Gesicht treffen, sobald man rasch geht. Die Bewegung des leuchtenden Körpers hat auf die Richtung der Lichtstrahlen keinen Einfluß, denn das Licht besteht nur in transversalen Aetherschwingungen, der Aether nimmt dabei keine translatorische Bewegung an, oder diese wird wenigstens nicht als Licht wirksam.

— Aus dem Umstande, daß der Wasserstoff sein charakteristisches

1) Comptes rendus T. CXIII, 353.

Linienpektrum nur unter den Einfluß der Elektrizität (Funken-, Strom- oder Glimmentladung) zeigt, folgert Fizeau, daß das Licht der Protuberanzen gleichfalls durch elektrische Entladungen bewirkt werde. Die raschen Veränderungen, die man an den Protuberanzen häufig beobachtet, brauchen dann nicht durch wirkliche Massenverschiebungen und Bewegungen erklärt zu werden, man kann einfach annehmen, daß sich eine elektrische Entladung (natürlich von großer Intensität) außerordentlich rasch durch die ruhige oder mäßig bewegte Atmosphäre der Sonne fortpflanzt; dann wäre an dem oft welligen, bandartigen Aussehen, an dem ganz isolirt und vom Sonnenrande getrennten Erscheinen einzelner Lichtflecken nichts wunderbares.

Zu der Ansicht, daß man die oft enormen Bewegungen und die sonderbaren Formen von Protuberanzen, Fackeln, Flecken, ferner die Auszackungen am Sonnenrande nicht ohne Weiteres als Realität ansehen dürfe, kommt auch Dr. A. Schmidt in Stuttgart.¹⁾ Von einem Punkt irgendwo im Innern der gasförmigen Sonne können keine geradlinigen Lichtstrahlen ausgehen, außer in radialer Richtung; alle andern Strahlen werden durch das nach Innen und Außen an Dichte veränderliche Gas gebrochen und gekrümmt. So kann es kommen, daß einzelne Strahlen überhaupt nicht aus der Sonne herausgelangen, obwohl sie anfänglich schräg gegen Oben gerichtet waren, sie biegen völlig um, wie ein schräg in die Höhe geworfener Stein. Schmidt zeigt, daß man von einem Punkt der Sonnenoberfläche aus diese vollständig übersehen kann, auch die Rückseite der Sonne, die, natürlich in ganz verzerrter Form am Horizont als Streifen erscheint. Wir kennen ja auf der Erde ähnliche Vorgänge, wenn auch nicht in so extremer Ausbildung; z. B. das Sichtbarwerden unter dem Horizonte liegender Orte durch die Refraction; auch die Luftspiegelungen gehören hierher (haben also mit Reflexion nichts zu thun). Wir dürfen auch nicht annehmen, daß ein Strahlenbüschel, welches in unser Auge gelangt, wenn wir einen Punkt am Sonnenrande betrachten, an jener Stelle horizontal von der Sonne ausgehe. Das Büschel combinirt sich dort, am scheinbaren Sonnenrande, aus Strahlen, die in verschiedenen

1) A. Schmidt, die Strahlbrechung auf der Sonne, ein geometrischer Beitrag zur Sonnenphysik (Stuttgart, Metzler 1891).

Curven von verschiedenen und vielleicht weit auseinander liegenden Punkten ausgegangen sind. Außerdem wird manche Ungleichmäßigkeit in der Dichte der passirten Gasmassen vorhanden sein, so daß die einzelnen Strahlen sehr unregelmäßige Bahnen beschreiben, ehe sie dort am Sonnenrande anlangen. Nun sehen wir da eine Bewegung vor sich gehen! Wohin sollen wir diese Bewegung verlegen? Das ist von vorn herein ganz unmöglich zu sagen. Man sieht vielleicht über dem Sonnenrande ein wolkenförmiges Gebilde; dasselbe steht in Wirklichkeit weit hinter der Sonne. Plötzlich nimmt es eine rapide Geschwindigkeit an (es gibt Beobachtungen, wo die plötzlich eingetretene Bewegung viele Hundert Kilometer pro Secunde sein mußte), um dann wieder still zu stehen oder mit einem Male zu verschwinden: der Strahl, der von der Wolke ausging, passirte in der Zwischenzeit eine weit vor der Wolke liegende unhomogene Gasmasse, wurde etwas verschoben und diese Verschiebung erschien uns, in der großen Distanz von enormen Betrage. Dieser und ähnlicher Täuschungen gibt es gewiß zahlreiche, die Schrift von A. Schmidt ist von großer Bedeutung, wie allgemein anerkannt wird, da man bisher auf die Refraction in der Sonnenatmosphäre zu wenig Rücksicht genommen hat. Es sei noch bemerkt, daß nach Schmidt die scheinbar scharfe Begrenzung der Sonne gleichfalls nur eine Brechungerscheinung sein würde und daß die Dichte der die Sonne zusammensetzenden Gase von innen nach außen allmählich abnimmt, ohne daß an irgend einer Stelle eine wirkliche Oberfläche existirt.

Ebenfalls über optische Wirkungen der Sonnenatmosphäre spricht H. Seeliger in einer Abhandlung der bayr. Akad. der Wiss. 1891, Heft 3.¹⁾ Nach ihm würden alle mit Atmosphären umgebenen Weltkörper einen farbigen Saum zeigen, und verschiedene Durchmesser bei der Messung ergeben, wenn man Blendgläser von verschiedenen Farben anwendet. Bei der Sonne findet in dieser Hinsicht eine Differenz nicht statt, wie Beobachtungen von Auwers bewiesen haben; diesen Widerspruch glaubt Seeliger dadurch heben zu können, daß er die Sonnenatmosphäre als sehr dicht bei geringer Höhe annimmt. Dadurch würden gewissermassen totale Reflexionen eintreten und damit die Er-

1) Himmel und Erde, IV. Jahrg., S. 375.

scheinung farbiger Ränder unmöglich gemacht. Nach den Ergebnissen der Astrophysik ist jedoch eine dünne und hohe Atmosphäre bei der Sonne sehr viel wahrscheinlicher als eine dichte und niedrige; dort sind dann aber sicherlich höchst verwickelte Lichtbrechungen, Beugungen und Lichtreflexionen mit im Spiel, daß man leicht begreifen kann, wie die Erscheinungen an der Sonne aller Berechnung spotten. Nach Dr. Scheiner, der in seinem Werke „Spectralanalyse der Gestirne“ S. 166 die Hauptsätze über die Beschaffenheit der Sonne anführt, bildet die Photosphäre die Grenze zwischen dem eigentlichen, allerdings auch gasförmigen Sonnenkörper und der Atmosphäre. Auf die Photosphäre folgt eine dünne Schicht, welche die Absorptionslinien erzeugt, darüber eine zwar hohe, aber relativ sehr dünne, hauptsächlich aus Wasserstoff bestehende Schicht, die Chromosphäre. „Ueber der Chromosphäre breitet sich bis in Höhen, die mehrere Sonnenradien betragen können, die eigentliche Sonnenatmosphäre aus, die Corona“. Dr. Wilking, gleichfalls Autorität im Gebiete der Sonnenphysik, geht bei seiner oben besprochenen Untersuchung über die Sonnenrotation von einer Dichte der Sonnenhülle aus, die geringer ist als die im Vacuum einer Luftpumpe.

Die Planeten und ihre Monde.

Merkur. — Der Merkurdurchgang vom 9. Mai 1891 wurde an vielen Orten beobachtet, doch erfolgte er meist unter nicht sehr günstigen Bedingungen. In Amerika war bloß der Eintritt und in Europa nur der Austritt zu sehen, und die Sonne stand niedrig am Himmel, so daß die Bilder nicht genügend ruhig waren. In Madras beobachteten Pogson und E. M. Smith¹⁾ einen centralen Lichtfleck auf der Planetenscheibe, ein Lichtring um den Merkur war dagegen nicht zu sehen. Mit dem Spectroscopie untersucht bildete der Planet einen völlig schwarzen Streifen; die Absorptionslinien des Sonnenspectrums zeigten nicht die geringste Spur von Verdickung am Rande des Planeten. Allerdings ist diese Beobachtung nicht beweisend, da die Dichte der Atmosphäre des Merkur zu gering sein kann, um in dem benützten Instrumente zur Geltung zu kommen. Naegamvala in Poona (Indien) dagegen berichtet²⁾, den Halo am Merkur gesehen zu

1) The Observatory Bd. 14, S. 268.

2) Daff. Bd. 14, S. 310.

haben, als er die dunkelste Stelle eines Ritchard'schen Glasfeiles vor den Planeten brachte. Auch P. A. de Benaranda (Calcutta) beschreibt den Lichtring um den Planeten ¹⁾ als von gelblicher Färbung, während ihm die Planetenscheibe purpurschwarz erschien. Obwohl dem Auge viel dunkler als die Fleckenferne und auch größer als diese, ist Merkur auf den photographischen Aufnahmen nur schwach angedeutet, während viele Flecken sehr scharf abgebildet sind. Auch zu Vizagapatam (Indien) auf der G. V. Juggarow Sternwarte wurde der Durchgang beobachtet ²⁾; A. B. Nurfingrow sah den Merkur ganz dunkel.

Venus. — Während des Vorüberganges der Venus vor der Sonne sind 1874 bei Tschifu, auf den Kerguelen- und auf den Auckland-Inseln und 1882 auf allen vier deutschen Beobachtungsstationen besondere heliometrische Messungen, 17 an der Zahl, ausgeführt worden. Die von den einzelnen Beobachtern in verschiedenen Positionswinkeln gefundenen Werthe sind ³⁾:

1874	Valentiner	in Pos. W.	60°	. . .	63·965"	}	63·807"
	=	=	150	. . .	63·649		
	Adolph	=	150	. . .	63·447		
	Börgen	=	60	. . .	63·137	}	63·045
	=	=	150	. . .	62·953		
	Schur	=	75	. . .	63·544		
	Seeliger	=	165	. . .	63·528		
1882	Müller	=	60	. . .	62·787		
	Deichmüller	=	150	. . .	62·742		
	Franz	=	105	. . .	63·869	}	63·575
	=	=	15	. . .	63·281		
	Hartwig	=	105	. . .	63·176	}	63·430
	=	=	15	. . .	63·686		
	Numers	=	60	. . .	63·852	}	63·835
	=	=	150	. . .	63·819		
	Rüstner	=	60	. . .	63·145	}	63·232
	=	=	150	. . .	63·319		

Eine Verschiedenheit des Durchmessers in verschiedenen Positionswinkeln ist daraus nicht mit Sicherheit zu erkennen; dagegen ergiebt sich aus 13 bei dem Durchgange von 1874 von

1) Monthly Notices Bd. LI, S. 503.

2) Dies. Bd. LI, S. 504.

3) Astron. Nachr. Bd. 128, Nr. 3068.

Auwers in Luxor vorgenommenen heliometrischen Messungen von 8 verschieden über den Umfang vertheilten Durchmesser eine merklich kreisförmige Gestalt der Planetenscheibe. Deshalb ist oben bei denjenigen Beobachtern, welche zwei Durchmesser gemessen haben, das arithmetische Mittel angesetzt worden. Zu den so erhaltenen 11 Resultaten kommt noch das von Auwers in Luxor erhaltene $63.904''$ hinzu. Legt man allen zwölf Resultaten dasselbe Gewicht bei, so ergiebt sich im Mittel $63.406''$.

Wie bei Bestimmung der Sonnenparallaxe spielen aber auch hier die Personalfehler eine wichtige Rolle. Indessen ist es Auwers gelungen, dieselben aus der Bestimmung der Sonnenparallaxe ganz auszuschneiden, wodurch es ihm zugleich möglich geworden ist, einen wahrscheinlicheren Werth für den Venusdurchmesser abzuleiten, an Stelle des vorläufigen Mittels $63.406''$. Werden die persönlichen Gleichungen in Abzug gebracht und drei von den zwölf Werthen wegen anomal großer Personalfehler der betreffenden Beobachter ausgeschieden, so ergiebt sich aus den übrig bleibenden neun Werthen der Mittelwerth $63.544''$.

Der Venusdurchmesser kann aber auch noch durch Vergleichung der abwechselnden Einstellungen der beiden Ränder des Planeten auf den Sonnenrand bestimmt werden. Aus den von 17 Beobachtern erhaltenen Resultaten ergiebt sich so das Mittel $63.75''$. Bei diesen Einstellungen sind aber die maßgebenden Verhältnisse zum Theil so wesentlich verschieden von den bei directen Durchmesserbestimmungen geltenden, daß der Mittelwerth $63.75''$ nicht zu einer Verbesserung des allein wahrscheinlichsten Werthes $63.544''$ benutzt werden kann, vielmehr nur als eine den Umständen nach sehr befriedigend nahe Bestätigung desselben anzusehen ist.

Aus diesem Werthe $63.544''$ aber ergiebt sich der Venusdurchmesser in der Entfernung $1 = 16.801''$.

Die im vorigen Jahrgange dieses Jahrbuches, S. 22 u. ff., erwähnte Ansicht Schiaparelli's, welche auch durch Beobachtungen von Perrotin in Nizza anscheinend bestätigt worden ist, daß die Rotationsdauer der Venus nicht erheblich von ihrer Umlaufszeit um die Sonne (224.7 Tage) verschieden sei, hat noch nicht überall Annahme gefunden. Insbesondere ist die Richtigkeit dieser Ansicht von Ferd. Löschardt in Zweifel

gezogen worden ¹⁾, welcher in der Zeit vom 20. Mai bis 18. November 1890 also gleichzeitig mit Perrotin, mit einem kleinen Instrumente von 3 Zoll Oeffnung bei 36- und 72 facher Vergrößerung zu Nakosfalva ($20^{\circ} 34'$ östl. Länge, $45^{\circ} 52'$ nördl. Br.) die Venus beobachtet hat. Im Ganzen gelangen 60 Beobachtungen zu den verschiedensten Tageszeiten und es wurden 46 Zeichnungen der Venus hergestellt.

Es ist nun wesentlich, daß die Vormittags-Beobachtungen Löschardt's Bilder geliefert haben, die ziemlich verschieden sind von den Nachmittagsbildern, wie dies insbesondere bei den Bildern vom 1. und 16. August deutlich hervortritt. In Nizza dagegen ist die Venus nur in den Nachmittagsstunden beobachtet worden, und diesem Umstande glaubt Löschardt es zuschreiben zu dürfen, daß Perrotin in diesen Beobachtungen eine Bestätigung der Schiaparelli'schen Ansicht gefunden hat. Die letztere scheint ihm weder durch die eigenen Beobachtungen Schiaparelli's noch durch diejenigen anderer Astronomen genügend begründet, und er kommt zu dem Ergebnisse, daß nach dem heutigen Stande unsere Kenntnisse die von de Vico ermittelte Rotationsdauer von 23 Stunden 21 Min. wahrscheinlicher ist als die Schiaparelli'sche.

Zu derselben Ansicht ist auch Nießen gelangt ²⁾, auf Grund von Beobachtungen und Zeichnungen der Venus, die er im Verein mit Stuyvaert in dem Zeitraume von 1881 bis 1890 gewonnen hat. Dieselben scheinen nicht für eine so lange Beständigkeit der Flecke auf der Planetenscheibe zu sprechen als der Schiaparelli'schen Ansicht entspricht.

Erde und Mond. — In Böhmen sind bei der für Erdmessungszwecke ausgeführten Längen-, Breiten- und Azimutmessungen in den Jahren 1889 und 1890 vom Oberstlieutenant Rob. v. Sterned an zahlreichen, ziemlich gleichmäßig über das ganze Land vertheilten Punkten Schwerebestimmungen vorgenommen worden. ³⁾ Zur Ableitung der Größe der Schwerkraft aus den beobachteten Pendelschwingungen wurde die Größe dieser Kraft für Wien benutzt. Aus v. Dppolzer's Beobachtungen auf der Türkenschanze ergiebt sich dieselbe gleich

1) Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1891. Bd. C, Abth. IIa, S. 537.

2) Bulletin de l'Acad. Royale de Belgique 1891, No. 4.

3) Mittheil. des k. k. Militärgeograph. Instituts. X (1890), S. 59.

9.80858 m, aus den Messungen auf Himmelfahrt-Fundgrube bei Freiberg gleich 9.80846 m, und ihr theoretischer Werth ist 9.80850; das Mittel daraus ist für das militär-geographische Institut

$$Gw = 9.80851 \text{ m.}$$

Da die Größe der Schwerkraft umgekehrt proportional dem Quadrate der Schwingungsdauer eines Pendels ist, so läßt sich aus dem obigen Werthe der Schwerkraft und der Schwingungsdauer in Wien, sowie der Schwingungsdauer desselben Pendels an einem anderen Beobachtungsorte der Betrag der Schwerkraft an dem letzteren Orte berechnen, der dann noch zu corrigiren (zu vermindern) ist wegen der Seehöhe der Beobachtungsstation und wegen der Attraction der Erdmasse, die sich unter der Beobachtungsstation bis zum Meeresniveau befindet. Die so gefundene, auf das Meeresniveau reducirte Größe γ der Schwerkraft wird nun verglichen mit dem für die Breite φ des Beobachtungsortes geltenden theoretischen Werth

$$g = 9.7800 (1 + 0.005310 \cdot \sin^2 \varphi) \text{ m.}$$

Es zeigt sich nun im Süden des Landes eine geschlossene Gruppe von Stationen mit zu kleiner Schwerkraft, so Rohout (Seehöhe $h = 869 \text{ m}$, $\gamma = 9.80908 \text{ m}$, $g = 9.80937 \text{ m}$), Schöninger ($h = 1084 \text{ m}$, $\gamma = 9.80909 \text{ m}$, $g = 9.80946 \text{ m}$), Kubány ($h = 1362 \text{ m}$, $\gamma = 9.80909 \text{ m}$, $g = 9.80957 \text{ m}$), Arber ($h = 1458 \text{ m}$, $\gamma = 9.80935 \text{ m}$, $g = 9.80968 \text{ m}$), Bolini vrch ($h = 585 \text{ m}$, $\gamma = 9.80944 \text{ m}$, $g = 9.80992 \text{ m}$), Melechau ($h = 709 \text{ m}$, $\gamma = 9.80966 \text{ m}$, $g = 9.81016 \text{ m}$) u. s. w. Dieselbe setzt sich längs des nördlichen Böhmerwaldes und Erzgebirges fort, wo die Stationen Tillenbergl ($h = 939 \text{ m}$, $\gamma = 9.81024 \text{ m}$, $g = 9.81045 \text{ m}$), Bernstein ($h = 921 \text{ m}$, $\gamma = 9.81080 \text{ m}$, $g = 9.81099 \text{ m}$), Hoher Schneeberg ($h = 748 \text{ m}$, $\gamma = 9.81092 \text{ m}$, $g = 9.81118 \text{ m}$) zu ihr gehören, und reicht bis zur Schneekoppe im Riesengebirge ($h = 1602 \text{ m}$, $\gamma = 9.81066 \text{ m}$, $g = 9.81113 \text{ m}$). Im Innern des Landes aber, besonders in den im Allgemeinen tiefer liegenden Gegenden des Elbe- und Egerflusses, und begrenzt durch den Beraun- und Angelfluß, findet man ein ausgedehntes Gebiet mit normaler Schwerkraft, ja stellenweise etwas größerer, z. B. Neters ($h = 205 \text{ m}$, $\gamma = 9.81093 \text{ m}$, $g = 9.81080 \text{ m}$), Sadská ($h = 213 \text{ m}$, $\gamma = 9.81090 \text{ m}$, $g = 9.81060 \text{ m}$).

Der südliche Theil von Böhmen, die sogenannte südliche böhmische Terrasse, ist im Allgemeinen ein Plateau von 5—600 m Seehöhe, welche das nördliche Tiefland um 2—300 m überragt. Die 15 Stationen auf diesem Plateau geben im Mittel $\gamma - g = -15$ Einheiten der fünften Decimalstelle, die 11 Stationen des Tieflandes gleich $+5$. Es ist also eine Differenz von 32 Einheiten vorhanden, welche analog wie in den Alpen einen Massendefect unter den sichtbaren Erhebungen andeutet.

Die Gravitations-Constante G und die mittlere Dichte Δ der Erde sind von J. H. Poynting in Birmingham mit Hilfe der gewöhnlichen Wage bestimmt worden.¹⁾ An jedem der beiden ungefähr 123 cm langen Arme einer gewöhnlichen gleichschenkligen Hebelwage war eine 21 k schwere, aus einer Legirung aus Blei und Antimon bestehende Kugel aufgehängt. Tiefer unten befand sich auf einem drehbaren Tische eine 153 k schwere, aus der gleichen Legirung bestehende, kugelförmige anziehende Masse, die abwechselnd unter die eine und unter die andere der beiden erst erwähnten Kugeln geschoben wurde, so daß die Mittelpunkte einen verticalen Abstand von etwa 30 cm besaßen. Ein Gegengewicht von der halben Größe aber in der doppelten Entfernung von der Achse des Drehtisches diente dazu, den Schwerpunkt in dieser Achse zu erhalten; vor Anbringung dieses Gewichtes wurde der Boden bei einer Drehung des Tisches merklich geändert.

Die Messung der Größe der Anziehung durch die Schwankung der Wage erfolgte mit Hilfe eines bifilar aufgehängten Spiegels, in welchem sich eine Scala spiegelte. Der eine der beiden zur Aufhängung dienenden Seidenfäden war an dem Zeiger der Wage ungefähr 60 cm unterhalb der mittleren Schneide, der andere an einem festen Support befestigt. Der Drehungswinkel des Spiegels war ungefähr 150 mal so groß als der Ausschlag der Wage und ein Scalentheil entsprach einem Ausschlage von etwa $\frac{2}{15}$ einer Secunde.

Um den Einfluß der anziehenden Masse auf den Wagebalken, die zur Aufhängung dienenden Drähte u. s. w. zu eliminiren, wurden die Versuche mit einem gegenseitigen Abstand der Mittelpunkte beider Massen von 60 cm wiederholt.

1) Nature XLIV, p. 106.

Für die Gravitations-Constante fand Boynting den Werth

$$G = 0.000000\ 060984\ k,$$

d. h. um soviel wird das Gewicht von 1 km vermehrt durch ein gleiches Gewicht von 1 k, das sich 1 cm unterhalb des ersten befindet.

Mittels dieser Größe läßt sich die mittlere Dichte der Erde nach der Formel

$$\Delta = \frac{3}{4} \cdot \frac{g}{G\pi R}$$

berechnen, wo g die Fallbeschleunigung und R den Erdhalbmesser bedeutet. Nach Boynting ist die mittlere Dichte der Erde

$$\Delta = 5.4934.$$

Untersuchungen über die Störungen der Schwerkraft in den Alpen, im Kaukasus und in Indien haben Helmert auf folgende Schlüsse geführt:

1. Die Schwerkraft zeigt nach Abzug der Anziehung der über dem Meeresniveau liegenden Gebirgsmassen in dem ganzen Gebiete der Tiroler Alpen zwischen Innsbruck und Landeck im N. und Bozen und Stilfserjoch im S. einen gleichmäßigen Defect, welcher auf einen Massendefect in den oberen Schichten der Erdrinde hinweist, der sich aber in München und Padua nur noch sehr wenig fühlbar macht. Der Massendefect wirkt nach außen, wie eine aufs Meeresniveau condensirte Schicht, deren ursprüngliche Mächtigkeit in dem bezeichneten Gebiete bei — 2.4 Dichtigkeit 1200 m beträgt. Der Verlauf der Mächtigkeit dieser idealen Schicht außerhalb des bezeichneten Gebietes bedarf noch der Untersuchung.

2. Der ideelle Defect der Masse unterhalb des Meeresniveaus compensirt in dem bezeichneten Gebiet nicht völlig die außerhalb liegenden Gebirgsmassen. Jedoch ist es nicht ausgeschlossen, daß die thatsächlichen Massendefecte eine vollständige Compensation geben. Derartige Massendefecte sind nicht überall in den Alpen vorhanden. Unter dem Schöckel bei Graz scheint entsprechend der geologischen Forschung kein solcher zu bestehen.

3. Ebenso wie in den Tiroler Alpen zeigt die Schwerkraft nach Abzug der Attraction der Gebirgsmassen auch im Hima-

laha und im Kaukasus Defecte, die auf unterirdische Massen-defecte in den oberen Schichten der Erdrinde hinweisen, welche die Gebirgsmassen mehr oder weniger compensiren.

4. Diese Wahrnehmung, daß die Massen einiger der größten Hochgebirge mehr oder weniger durch unterirdische Massendefecte in den oberen Schichten der Erdrinde compensirt sind, legt den Analogieschluß nahe, daß auch die gewaltigen Massen der aus dem Meeresgrunde herausragenden Festländer durch darunter liegende Defecte mehr oder weniger compensirt sind.

5. Zu diesem Schlusse wird man auch durch Betrachtung der Schwerkraft auf denjenigen kleinern Inseln der Oceane geführt, welche im tiefen Wasser den Continenten bis auf wenige Hundert Kilometer nahe liegen. Der Ueberschuß der Schwerkraft, der sich bei ihnen zeigt, kann nur darauf zurückgeführt werden, daß in der Erdrinde bei den Inseln im Vergleich zu den continentalen Gegenden eine Massenanhäufung statt hat. Die Anhäufung ist wahrscheinlich zum Theil auf Rechnung der Inselpfeiler zu setzen, kann zum Theil aber auch recht wohl in einer Massenanhäufung unterhalb des Meeresbodens ihren Grund haben, in der Weise, daß die Festlandsmassen übercompensirt erscheinen. Jedoch auch mäßige Untercompensationen sind nicht ausgeschlossen. Immer aber scheint die Dichtigkeit der Massen in gewissen nicht näher bekannten Schichten unterhalb des Meeres größer zu sein, als in gleicher Tiefe diejenige unterhalb des Festlandes.

6. Die Abstände des Geoids vom Erdellipsoid dürften ± 200 m nicht überschreiten, ein Betrag, der mehr als ausreichend ist, um den Widerspruch in den Ergebnissen der Gradmessungen und Pendelmessungen für die Abplattung des Erdellipsoids zu erklären.

Die Bestimmung der absoluten Lothablenkung für Berlin, also Mitteleuropa hat Dr. Battermann ¹⁾ unter Zugrundelegung von mehr als zweihundert Beobachtungen von Sternbedeckungen durch den Mond versucht. Die Polhöhe ergiebt sich bis auf 1 oder 2'' übereinstimmend mit der aus dem Clarke'schen Ellipsoid folgenden. Eine große Lothabweichung stellt sich

1) Beob.-Ergebnisse der königl. Sternwarte zu Berlin, V. Heft, St. 37.

aber auch in Länge heraus, ungefähr 0.8 in dem Sinne, daß die geocentrische Länge Berlins westlicher ist als die astronomische. Freilich ist nicht außer Acht zu lassen, daß der gefundene Werth um etwa die Hälfte seines Betrages unsicher ist.

Chandler in Cambridge, Ver. St., gelangt bei seinen Untersuchungen über Polhöheschwankungen zu dem Ergebnis, daß die von Küstner gefundenen Aenderungen der geographischen Breite auf wirklichen Bewegungen der Pole der Erdachse beruhen, indem der wahre Pol in einer nahezu kreisförmigen Bahn in der Richtung von West nach Ost um seine Mittelage läuft; und zwar lassen sich die Beobachtungen von Berlin, Pulkowa und Cambridge am besten durch eine Periode von 437 Tagen vereinigen.

Die Beobachtungen der Polhöhen sind 1891 auf einer ziemlich großen Anzahl von Sternwarten weitergeführt worden (s. Jahrb. 1891 S. 31); B. W. Nachtheil theilt die Ergebnisse seiner Arbeiten in Pulkowa mit,¹⁾ aus denen hervorgeht, daß die Polhöhe ihr Maximum Mitte September 1890 mit $59^{\circ}46'18.39''$ erreicht hatte. Vom October an nahm sie rasch ab und befand sich im Minimum im April 1891 mit $59^{\circ}46'17.79''$. Die Berliner Beobachtungen²⁾ geben ein Minimum im März 1891, das wieder $0.5''$ von dem Maximum im Sept. 1890 differirt. In Prag hat sich die Differenz zu $0.4''$ ergeben.

Soviel über die auf Honolulu angestellten Beobachtungen der Polhöheschwankungen verlautet, sollen diese den entgegengesetzten Verlauf der in Europa gefundenen Variation befolgen, was in der That auf eine wirkliche Wanderung des wahren Erdpoles um den mittleren deutet.

Aus der Dauer und dem Verlauf der Dämmerungserscheinungen hat man in früherer Zeit auf eine Höhe der Atmosphäre von etwa 80 km geschlossen; bis zu dieser Höhe ist die Luft noch im Stande, Aenderungen in der Fortpflanzungsrichtung des Lichtes hervorzurufen. Als man aber seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts anfang, die Höhen zu bestimmen, in denen das erste Ausleuchten der Sternschnuppen stattfindet, erkannte man, daß die Atmosphäre unserer Erde

1) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3092, S. 329.

2) Dies. Bd. 128, Nr. 3055, S. 129.

noch beträchtlich weiter hinaufreicht. Eine besonders vollständige Untersuchung solcher Höhen ist bei dem August-Sternschnuppenfall des Jahres 1867 von der Berliner Sternwarte veranstaltet worden durch correspondirende Beobachtungen in Berlin, Anklam, Nauen, Grünberg, Pleiße in der Neumark und auf dem Hagelsberg. Dabei hat sich bei einer Anzahl von Sternschnuppen die Höhe des Ausleuchtens mit einer Fehlergrenze von wenigen Kilometern feststellen lassen. Keine von diesen Höhen übersteigt die Größe von 180 km, während vereinzelt ältere Bestimmungen auf Höhen von mehreren Hundert Kilometern geführt hatten. Diese Maximalhöhe von 180 km gilt allerdings zunächst nur für die Sternschnuppen des August-Phänomens; aber nach den entsprechenden anderweitigen, allerdings etwas weniger vollständigen Ermittlungen, die bisher bei mehreren anderen Sternschnuppenschwärmen oder bei einzelnen Erscheinungen dieser Art gelungen sind, darf man annehmen, daß diese Grenze auch in anderen Fällen nicht erheblich überschritten wird.

Eine große Anzahl von Beschreibungen einzelner Mondregionen hat Gwyn Elger im „Observatory“ allmonatlich publicirt, so über die großen Ringgebirge Bieta, Julius Caesar, Janssen, Delambre, Makrobios, Eratosthenes (Bd. 14), Pitatus, Piccolomini, Posidonius, Bullialdus (Bd. 15). Als besonders interessant mag hier die Schilderung des Sonnenaufgangs über dem Ringgebirge Schickard (am Südostrande des Mondes) folgen.¹⁾ Am 20. April 1891, um 8^h45^m lag der westliche Rand des Bergringes an der Lichtgrenze, das Innere war noch völlig dunkel. Bei 350 facher Vergrößerung war er ein wundervolles Objekt, mit unzähligen Pässen, Bergsätteln, Kratern und Thälern (die den Bergwall meist schräg durchquerten) und von Hügeln mit Ausläufern, die sich spurlos in der umliegenden Ebene verloren. Die Thäler sind meist flach und die Hügel mäßig hoch. So stellt sich der Ring dar als eine Kette von Hügeln, die bogenförmig verlaufen und ihre concave Seite dem Inneren zuwenden. Um 9^h erreichte der erste Sonnenstrahl den Boden im Inneren und erhellte da eine kleine Fläche, über die sich der lange Schattendorn eines kleinen Kraters

1) The Observatory Bd. 15, S. 283.

hin erstreckte; dann tauchte mitten in der Finsterniß ein anderer etwas größerer Krater auf. Mit dem Fortschreiten des Sonnenaufganges wurden da und dort ovale Lichtflecken sichtbar, offenbar die Kuppen flacher abgerundeter Erhebungen. Immer reicher wurde das Detail, interessant in jeder Hinsicht und vielfach ganz wohl in einem 4zölligen Achromaten erkennbar. Die Region östlich vom Boden des Ringgebirges umfaßt zahlreiche Rillen, Kraterketten, Klüfte u. s. w., die unter niedriger Sonnenbeleuchtung und günstigen Vibrations- und atmosphärischen Bedingungen nützlich und interessantes Studienmaterial bilden.

Seit zwei Jahren ist Prof. Weinek in Prag damit beschäftigt, durch Handzeichnung vergrößerte Copien von photographischen Mondaufnahmen herzustellen, die am 36-Zöller der Lidsternwarte gewonnen und ihm von Prof. Holden zur Verfügung gestellt sind.¹⁾ So wurden das Mare Crisium, die Wall-ebenen Arzachel und Archimedes u. A. gezeichnet. Bei dieser Arbeit wurden mehrere bisher unbekannte Objekte gefunden, so im Krater Thebit eine große Rille von 28km Länge (Aufnahme vom 27. August 1888). Sie verläuft meridional und sieht einem Bruche in der Sohle täuschend ähnlich. Im nördlichen Theile scheint sie zwei östlich verlaufende Abzweigungen zu besitzen und ist überhaupt noch deutlicher als die Rille westlich von Triesnecker, mit welcher sie im Charakter übereinstimmt. Am 31. März 1891 konnte Weinek die Rille direct sehen, die auf allen Mondkarten fehlt und deren Existenz auch sehr erfahrenen Mondbeobachtern, wie Klein in Köln, Gwyn Elger in Bedford unbekannt war und von der ferner in Gruithuisens zahlreichen Mondzeichnungen keine Andeutung zu finden ist. Uebrigens haben auch die Sichtbarkeitsverhältnisse der Rille bei Triesnecker viel Räthselhaftes dargeboten und sich im Verlaufe der Zeit merkwürdige Unterschiede in der Deutlichkeit einzelner Partien derselben ergeben; man wird daher auch bei der Rille in Thebit nicht an Neubildung denken dürfen. — Auf einer Lid-Photographie vom 15. Aug. 1888 zeigt sich im Sinus Medii ($0^{\circ}06'$ W. L. und $2^{\circ}24'$ N. Br.) ein Mondkrater von 4.5 km Durchmesser, den Weinek auf den Karten von Schmidt, Mädler, Lohrmann und Neison vergeblich suchte. Holden con-

1) Astr. Nachr. Bd. 128, Nr. 3055, S. 139.

statirte die Sichtbarkeit des Kraters auf Negativen vom 24. Aug., 22. Sept. und 3. Nov. 1890, so daß derselbe in jeder Lunation etwa vier Tage lang wahrnehmbar wäre. Auch hier beweist die späte Entdeckung nicht, daß der Krater neu entstanden ist; denn Holden fand ihn auf einem Silberdruck, der nach einer Melbournner Photographie vom 1. Sept. 1873 hergestellt ist. Direct gesehen wurde er nachträglich am 15. Juni 1891 auf der Lick-Sternwarte.

Am 1. April 1890 hatte Weinek¹⁾ von der Gegend bei Billy und Hansteen eine Zeichnung angefertigt, welche (in $49^{\circ}20'$ N. L. und $12^{\circ}6'$ S. Br.) einen Krater enthält, der auf den Mondkarten fehlt, trotzdem er so deutlich war, wie ein anderer benachbarter Krater, den Schmidt auf seiner Karte einen Durchmesser von 1^{mm} ($= 0.21$, g. M.) gab; Schmidt hat an der Stelle des Weinek'schen Kraters einen kleinen Hügel. Holden untersuchte die genannte Gegend am 12. Nov. 1891 mit dem 12-Zöller der Lick-Sternwarte, sah jedoch nur einen hellen Hügel; G. Elger dagegen konnte am 12. Jan. 1892 die Kraternatur deutlich und sicher entscheiden, nachdem er allerdings an einigen anderen Nächten auch nur einen hellen Fleck gesehen hatte.

Der Querschnitt des Kernschattens der Erde wird bei Mondfinsternissen größer beobachtet als er nach der Rechnung sein sollte; eine totale Mondfinsterniß beginnt insolge dessen ungefähr 1 Minute 40 Sec. früher und endigt um ebensoviel später, und noch größer ist der Einfluß bei partiellen Mondfinsternissen, ja es kann sogar eine partielle Mondfinsterniß entstehen, obgleich der geometrische Kernschatten der festen Erde den Mond gar nicht trifft. Man pflegt diese Vergrößerung in Theilen des Halbmessers des kreisförmigen Querschnitts des Erdschattens auszudrücken und mit dem Namen Vergrößerungs-Coëfficient zu bezeichnen. Mit der Ermittlung des Werthes dieser Größe, deren Kenntniß zur genauen Vorausberechnung der Mondfinsternisse nothwendig ist, haben sich verschiedene Astronomen beschäftigt, und Adolf Brosinsky hat in seiner Inaugural-Dissertation eine vollständige Zusammenstellung der hierauf bezüglichen Untersuchungen gegeben.

Eine Anzahl älterer Bestimmungen von P. de Lahire ($1/41$),

1) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3090, S. 307.

J. Cassini ($1/123$), Le Monnier ($1/82$), Tob. Mayer ($1/60$), Regentil ($1/61$ für totale, $1/24.6$ für partielle Finsternisse), Lande ($1/40$) Lambert ($1/40$) sind ihrer unsicheren Grundlagen wegen nur von historischem Werthe; Mädler aber hat aus den Beobachtungen der Finsternisse vom 26. Dec. 1833, 10. Juni 1835, 13. Oct. 1837 und 24. Nov. 1844 die Werthe $1/65.4$, $1/28.4$, $1/54.0$ und $1/48.6$ abgeleitet und Schmidt aus denen vom 26. Jan. 1842, 31. Mai und 24. Nov. 1844, 19. März 1848 und 8. März 1849 die Werthe $1/50$, $1/56$, $1/52$, $1/45$ und $1/44$. Dppolzer giebt $1/40$ an; doch ist dieser Werth nicht aus neuen Beobachtungen abgeleitet, sondern stützt sich wahrscheinlich auf Lambert's Angabe. Brosinsky endlich hat die Beobachtungen von zwanzig Finsternissen vom 30. Juli 1776 bis 28. Jan. 1888 zur Berechnung von ebensoviel Werthen benutzt, die aber keineswegs mit einander übereinstimmen, sondern zwischen den weiten Grenzen $1/41.5$ (19. März 1848) und $1/72.1$ (30. März 1866) liegen. Brosinsky glaubt daher, daß ein für alle Finsternisse allgemein gültiger Werth des Vergrößerungs-Coefficienten sich nicht aufstellen läßt.

Dieses negative Resultat bestimmte J. Hartmann in Leipzig,¹⁾ eine schon früher begonnene Arbeit über denselben Gegenstand zu Ende zu führen, zumal da nur sieben der von ihm benutzten Finsternisse von Brosinsky in Rechnung gezogen waren. Im Ganzen hat Hartmann 4021 Beobachtungen von 28 Finsternissen, die sämmtlich dem 19. Jahrhundert angehören benutzt; ältere Beobachtungen wurden ausgeschlossen, da sich vermuthen ließ, daß sie zu ungenau sein würden, was auch Brosinsky bestätigt.

Hartmann hat nun bei der Berechnung einen anderen Weg eingeschlagen als seine Vorgänger. Das Nähere über dieses Verfahren, welches ermöglicht, aus jeder einzelnen Beobachtung die ihr entsprechende Vergrößerung des Schattenhalbmessers abzuleiten, findet man a. a. O. auseinander gesetzt. Als Endergebniß stellt sich heraus, daß die Vergrößerung des Erdschattenhalbmessers abhängt von der Parallaxe π des Mondes und daß dieselbe bei mittlerer Mond-

1) Hartmann, die Vergrößerung des Erdschattens bei Mondfinsternissen. Abhdlgn. d. Kgl. Sächs. Ges. d. W. Bd. 29, (der math.-phys. Classe 7. Bd.) S. 363.

parallaxe $\pi_0 = 57' 2.06''$ (nach Hansen) den Werth
 $V_0 = 48.62''$

besitzt; für jeden anderen Werth von π hat man diese Vergrößerung V , so lange über ihre Veränderlichkeit Genaueres nicht ermittelt ist, nach der Formel

$$V = 48.62'' \frac{\pi}{\pi_0}$$

oder

$$V = 0.01421 \pi = \frac{\pi}{70.38}$$

zu berechnen. Der Werth $48.62''$ entspricht dem Vergrößerungscoefficienten $1/50.79$. „Für Durchschnittsbeobachter kann man den abgerundeten Werth $49''$ annehmen und wird sich gewiß dann am wenigsten von der Wahrheit entfernen; sehr gute Beobachter können noch etwa $3''$ tiefer in den Schatten eindringen“.

Nimmt man an, daß die Vergrößerung des Erdschattens lediglich durch den Schatten der Erdatmosphäre bewirkt wird, so stellt der Bruch $1/70.38$ die Höhe des schattenwerfenden Theiles der Erdatmosphäre, ausgedrückt in Erdhalbmessern, dar; diese Höhe würde also 90.6 km betragen. „Eine reelle Bedeutung hat diese Zahl jedoch vorläufig nicht;“ denn wir sind noch weit davon entfernt, aus V_0 die Höhe der Atmosphäre berechnen zu können.

Die Aenderungen in der Wärmestrahlung des Mondes während der totalen Finsternisse vom 4. Oct. 1884 und vom 28. Jan. 1888 sind von Otto Boeddicker am großen Rosse'schen Reflector mit Hilfe einer Thermosäule verfolgt und die definitiven Resultate kürzlich veröffentlicht worden.¹⁾ Es ist sichergestellt, daß schon vor Eintritt des Mondes in den Halbschatten die Wärmestrahlung geringer wird, so daß Theile der Erdatmosphäre Wärme absorbiren, die sich 300 km über dem Erdboden befinden. Die Abnahme der Mondwärme während des Fortschreitens der Verfinsterung geht anfänglich bedeutend rascher vor sich, als die Abnahme der Mondhelligkeit; erst als bei den genannten Finsternissen Licht und Wärme sehr herabgesunken waren, wurde ihr Verhältniß zur Vollmond-

1) Trans. Dubl. Soc. 2. Ser., Bd. IV, S. 481.

strahlung gleich; dies Verhältniß betrug etwa 7 Procent und trat 27 bis 28 Minuten vor der Totalität ein; von da an nahm die Helligkeit schneller ab als die Wärme. Letztere betrug zu Ende der Totalität im Jahre 1888 noch 0.4, im Jahre 1884 etwa 1.0 Procent der Vollmondstrahlung. Bei beiden Gelegenheiten hatte Boeddicker das merkwürdige Resultat erhalten, daß nach der Finsterniß die Mondwärme erheblich geringer blieb, als vor derselben; im Jahre 1884 war die Strahlung 38 Min. nach dem Ende der Finsterniß 86.8 Proc., im Jahre 1888 hatte sie sogar 90 Min. nach der letzten Berührung mit dem Erdschatten erst 81 Proc. der Vollmondstrahlung erreicht. Jedenfalls ist bezüglich der Größe dieser Strahlung nach einer Finsterniß die Totalitätsdauer von wesentlicher Bedeutung; es sind daher in dieser Hinsicht bei späteren Gelegenheiten eingehende Untersuchungen erforderlich. Auch die Frage nach der Ungleichheit der Wärmestrahlung verschiedener Theile der Mondoberfläche wäre noch zu lösen, will man die Unregelmäßigkeiten erklären, welche sich im Verlaufe der Wärmeabnahme bei den untersuchten Finsternissen gezeigt haben.

Die Vertheilung der Wärme auf der Oberfläche des Mondes und ihre Veränderung mit der Phase bildet den Gegenstand einer Arbeit von Frank H. Vern. Mittels eines Hohlspiegels wurde ein Bild des Mondes von ungefähr 3 cm Durchmesser entworfen, dessen einzelne Theile, immer $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{30}$ der ganzen Fläche, Vern mit einem Bolometer untersuchte, das mit einem empfindlichen Galvanometer in Verbindung stand.

Messungen, die 6 Stunden nach dem Vollmond angestellt wurden, zeigten, daß der östliche Rand im Verhältniß von 92.2 zu 88.9 wärmer war als der westliche. Noch bedeutender war der Ueberschuß am östlichen Rande bei einer Beobachtung, welche einen Tag nach dem Vollmonde angestellt wurde.

Beim Uebergang von höheren zu niedrigeren Breiten findet eine stetige Abnahme der Wärme statt, und aus den Beobachtungen über diesen Punkt scheint hervorzugehen, daß mehrtägiger beständiger Sonnenschein eine Anhäufung der Wärme erzeugt.

Einige Anzeichen deuten darauf, daß in der Mitte des

Mondtages die hellen Stellen etwas mehr Wärme ausstrahlen als die dunkeln; doch ist dies nicht ganz erwiesen, und bei geringerer Höhe der Sonne ist die Wirkung umgekehrt.

Die Vergleichung von Zöllner's Beobachtungen über die Lichtstrahlung des Mondes mit Verv's Beobachtungen zeigt, daß die sichtbaren Strahlen zur Zeit des Vollmondes einen viel größeren Theil der Gesamtstrahlung ausmachen als in den Theilphasen, indem das Maximum für das Licht viel deutlicher hervortritt als für die Wärme.

Die Abnahme der Wärme vom Vollmond zum letzten Viertel hat sich langsamer ergeben als die Zunahme vom ersten Viertel zum Vollmond. Es liegt darin ein directer Beweis für die Aufspeicherung der Wärme in dem Felsboden des Mondes. Auch ist dieses Ergebnis mit dem auf Lord Rosse's Sternwarte erhaltenen im Einklange.

Wie im vorigen Jahrg. S. 33 erwähnt ist, liefert die Beobachtung von Sternbedeckung durch den Mond ein gutes Mittel, den Durchmesser dieses Weltkörpers zu bestimmen und gleichzeitig genaue Positionen des Mondes zu erhalten. Trotz der Schwierigkeiten, die sich an einzelne derartige Beobachtungen knüpfen, läßt sich nicht in Abrede stellen, daß die systematische Ausführung derselben zu werthvollen Resultaten führt. Ein neuer Beleg hierfür wird von Dr. Battermann in Berlin erbracht,¹⁾ der in 1 $\frac{1}{2}$ Jahren über zweihundert Bedeckungen, auch solche von schwächeren Sternen, mit einem 4 $\frac{1}{2}$ zöll. Refractor beobachtet hat. Er findet zunächst eine Correction der elliptischen Bewegung des Mondes (Excentricität und Perihellage). Daß eine solche Correction aus den Meridianbeobachtungen des Mondes nicht hervorgeht, erklärt sich dadurch, daß vor und nach dem Vollmonde verschiedene Ränder des Mondes beobachtet werden; die Erscheinung, daß der gekrümmte Rand von dem Mikrometersfaden im Fernrohr einmal links tangirt wird und das andere mal rechts, wird aber von den Beobachtern nie gleich aufgefaßt. Damit wird natürlich auch der Ort des Mondmittelpunktes falsch, den man durch Addition oder Subtraction eines bestimmten Werthes für den

1) Beobachtungsergebnisse der k. Sternw. in Berlin Heft Nr. 5. Berlin 1891.

Mondradius erhält, selbst wenn letzterer völlig genau ist. — Die Mondbewegung enthält unter anderen auch eine Ungleichheit, welche direct von der Sonnenparallaxe abhängt, die sich in der Mondlänge etwa 14mal vergrößert darstellt. Dr. Battermann bekommt aus seinen Beobachtungen die Sonnenparallaxe gleich $8.794''$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von $0.016''$ und glaubt, daß sie gewiß kleiner als $8.82''$ sein muß. Da die übrigen Bestimmungen dieser wichtigen Constante aus neuerer Zeit gleichfalls nahe bei $8.80''$ liegen, so muß das oben im Abschnitt „Sonne“ mitgetheilte. Resultat der Auwers'schen Berechnung der Beobachtungen der deutschen Venusdurchgangs-Expeditionen als nicht sehr befriedigend angesehen werden. — Der Werth, den Battermann für den Halbmesser des Mondes erhält, ist etwas kleiner als der im Jahrbuch 1891 S. 35 angegebene Struve'sche: nämlich $15'32.63''$ mit einer Unsicherheit von $1/8''$.

Die totale Mondfinsterniß, welche am 15. Nov. 1891 eintrat, ist unter leidlichen Witterungsverhältnissen auf einem weiten Gebiete beobachtet wurden. Der Mond war während der ganzen Dauer der Totalität für das bloße Auge gut sichtbar; der größere Theil seiner Oberfläche leuchtete in röthlichem Lichte, stellenweise trat ein bläulicher Schimmer auf. Die großen Krater waren immer zu erkennen. Das helle Licht verhinderte diesmal die Beobachtung der von Döllner vorausberechneten Sternbedeckungen zur Bestimmung des Mondradius in hohem Grade; die Sterne waren in der Nähe des Mondrandes nicht zu erkennen. Dafür wurden um so zahlreichere Kratereintritte in dem Schatten beobachtet und damit ein umfassendes Material zur Ermittlung der „Vergrößerung“ des Erdschattens gewonnen, über dessen Verwerthung allerdings erst später wird berichtet werden können.

In Toulouse machten E. Fabre und Andoyer photographische Aufnahmen der Finsterniß¹⁾ mit Platten von Lumière, die theils roth= theils gelbempfindlich gemacht waren, ferner mit Bromsilber= und mit Cosinplatten. Die Bromsilberplatten waren für die verfinsterten Mondpartien sehr wenig empfindlich, während die erhellen Mondtheile über=

1) Comptes rendus Bd. 114, S. 60.

exponirt waren. Die Cösin- und die Cyaninplatten hatten die besten Resultate gegeben, denn sie zeigten sowohl die im Halbschatten wie auch die im Kernschatten liegenden Regionen.

Auf der Sternwarte zu Bordeaux, wo das Wetter nicht besonders günstig war und nur der Anfang und knapp die zweite Hälfte der Finsterniß beobachtet werden konnte, hat Courty am photographischen Aequatorial einige Abbildungen des verfinsterten Mondes erhalten. Abzüge auf Papier wurden der Pariser Akademie am 23. November durch Rayet vorgelegt. Das Gelingen dieser Aufnahmen in einer mit Wasserdampf gesättigten, für die photographischen Strahlen nur im geringen Grade durchlässigen Atmosphäre beweist nach Rayet¹⁾ die Möglichkeit, einen beträchtlichen Theil der Mondfläche, welcher der Rechnung nach vollständig im Schatten liegt, mittels einer Belichtung von etwa 2 Minuten zu photographiren.

Schon bei der Mondfinsterniß vom 4. October 1865 war es Rayet und C. Wolf gelungen, mit einem Aequatorial von Foucault von 20 cm Oeffnung und fünffacher Brennweite unter Anwendung feuchten Collodiums binnen einer Secunde den Theil des Mondes zu photographiren, der im Schatten, dicht an dessen Grenze lag. Die Photographien in Bordeaux wurden mit einem Instrumente, bei welchem die Brennweite das 10·4fache der Oeffnung beträgt, unter Anwendung von Gelatine-Bromsilber-Platten erhalten. Das rothe Licht des verfinsterten Mondes scheint also Bilder zu liefern, und Rayet hält es für möglich, mit einer Belichtung von etwa $\frac{1}{4}$ Stunde Photographien einer totalen und centralen Mondfinsterniß zu erhalten.

Mars. — W. F. Wislicenus hat während der Opposition von 1890 mit dem sechs Zolligen Refractor der Straßburger Sternwarte eine Anzahl Messungen und Zeichnungen der Oberfläche des Planeten Mars ausgeführt.²⁾ Die Marspole lagen damals nahe am Planetenrande und aus diesem Grunde waren die Schneeflecke nicht gut zu sehen, an einzelnen Tagen sogar überhaupt nicht. Der nördliche Schneefleck war klein und ziemlich scharf begrenzt, die weißen Gebilde, die am

1) Comptes rendus Bd. CXIII, S. 753.

2) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3034, S. 161 ff.

Südpol zuweilen auftreten, gleichen dagegen mehr weit ausgedehnten Schneefeldern. Die Mitte der letzteren war daher schlecht zu fixiren, während die Messungen der Lage des Nordpolarflecks (9 an der Zahl) ein gutes Resultat ergaben. Die areographische Länge seines Mittelpunktes war am 13. Mai 1890 nahe 200 Grad, der Abstand vom Pol selbst 7.2 Grad. Auch eine Anzahl Flecken und Kanäle konnten wahrgenommen werden, letztere allerdings nicht sehr deutlich wegen des tiefen Standes des Mars und nicht besonders günstiger atmosphärischer Verhältnisse.

Planetoiden. — Am Schlusse des Jahres 1891 waren 323 Glieder aus der Gruppe der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter bekannt; davon wurden in dem genannten Jahre selbst 21 Planeten entdeckt, nämlich

- (303) Josephina am 12. Febr. von Millosevich in Rom,
12. Größe,
(304) Olga am 14. Febr. von Palisa in Wien, 13.5. Größe,
(305) Gordonia am 16. Febr. von Charlois in Nizza,
11.5. Größe,
(306) Unitas am 1. März von Millosevich in Rom, 11. Größe,
(307) Nike am 5. März von Charlois in Nizza, 13. Größe,
(308) Polyo am 31. März von Borrelly in Marseille,
11.2. Größe,
(309) Fraternitas am 6. April von Palisa in Wien,
13.7. Größe,
(310) Margarita am 16. Mai von Charlois in Nizza,
13. Größe,
(311) am 11. Juni von Charlois in Nizza,
13. Größe,
(312) am 28. Aug. von Charlois in Nizza,
12. Größe,
(313) Chaldäa am 30. Aug. von Palisa in Wien,
11. Größe,
(314) am 1. Sept. von Charlois in Nizza,
13. Größe,
(315) Constantia am 4. Sept. von Palisa in Wien,
13. Größe,
(316) am 8. Sept. von Charlois in Nizza,
13. Größe,

- (317) am 11. Sept. von Charlois in Nizza,
11.5. Größe,
(318) am 24. Sept. von Charlois in Nizza,
13. Größe,
(319) am 8. Oct. von Charlois in Nizza,
13. Größe,
(320) am 11. Oct. von Palisa in Wien,
13. Größe,
(321) am 15. Oct. von Palisa in Wien, 12.
Größe,
(322) Phaeo am 27. Nov. von Borrelly in Marseille, 11. Größe,
(323) am 22. Dez. von Max Wolf in Heidelberg,
12. Größe.

Ein am 11. Februar von Charlois in Nizza entdeckter Planet stellte sich als ein bekannter, 208 Lacrimosa, heraus, als seine Bahn berechnet wurde. Ferner stieß Palisa in Wien am 14. August auf einen Planeten 12. Größe, der sich bald als identisch mit dem nur acht Tage lang im Jahre 1875 beobachteten Planeten (149) Medusa erwies. Seine Umlaufszeit, 1172 Tage, ist die kürzeste der ganzen Gruppe, übrigens ist sie dieselbe wie die des Planeten 244 Sita.

Von den im Jahre 1890 entdeckten Planetoiden, welche im vorigen Jahrgange dieses Jahrbuches noch ohne Namen aufgeführt sind, wurde Planet (299) durch Geheimrath Scheibler in Berlin Thora und Planet (301) durch die Astronomerversammlung in München Bavaria genannt.

Bei Erörterung der Frage nach dem Ursprunge der Planetoiden ist man aufmerksam geworden auf die große Ähnlichkeit zwischen den Bahnen einzelner von diesen Körpern. Kirkwood hat in dieser Hinsicht folgende zehn Gruppen gefunden: 1)

		a	e	Ω	i
I.	(84) Rho . . .	2.36 . .	0.23 . .	327.5 ⁰ . .	9.4 ⁰
	(115) Thyra . .	2.38 . .	0.19 . .	309.1 . .	11.6
	(249) Ilse . . .	2.38 . .	0.22 . .	334.7 . .	9.7
II.	(19) Fortuna . .	2.44 . .	0.16 . .	211.5 . .	1.5
	(79) Eurynome .	2.44 . .	0.19 . .	206.7 . .	4.6

1) Publications of the Astronomical Society of the Pacific,
No. 15.

	a	e	Ω	i
III.	(134) Sophrosyne	2.56 . . . 0.12 . . .	346.4 ⁰ . . .	11.6 ⁰
	(193) Ambrosia	2.58 . . . 0.29 . . .	351.2 . . .	11.6
IV.	(37) Fides . . .	2.64 . . . 0.18 . . .	8.4 . . .	3.1
	(66) Maja . . .	2.65 . . . 0.17 . . .	8.3 . . .	3.1
V.	(218) Bianca . . .	2.67 . . . 0.12 . . .	170.8 . . .	15.2
	(204) Kallisto . . .	2.67 . . . 0.18 . . .	205.7 . . .	8.3
	(246) Asporina	2.70 . . . 0.10 . . .	162.6 . . .	15.6
VI.	(3) Juno	2.67 . . . 0.26 . . .	170.9 . . .	13.0
	(97) Klotho . . .	2.67 . . . 0.24 . . .	160.6 . . .	11.8
VII.	(203) Pompeja	2.74 . . . 0.06 . . .	348.6 . . .	3.2
	(200) Dynamenn	2.74 . . . 0.13 . . .	325.4 . . .	6.9
VIII.	(278) Paulina . . .	2.76 . . . 0.13 . . .	62.5 . . .	7.8
	(116) Sirona . . .	2.77 . . . 0.14 . . .	64.4 . . .	3.6
	(1) Ceres	2.77 . . . 0.08 . . .	80.8 . . .	10.6
IX.	(245) Vera	3.10 . . . 0.20 . . .	62.2 . . .	5.2
	(86) Semele	3.10 . . . 0.22 . . .	87.7 . . .	4.8
	(106) Dione	3.17 . . . 0.18 . . .	63.2 . . .	4.6
X.	(121) Hermione	3.45 . . . 0.13 . . .	76.8 . . .	7.6
	(87) Sylvia	3.48 . . . 0.09 . . .	75.8 . . .	10.9
zu denen als besonders merkwürdig noch beigelegt werden könnten:				
XI.	(12) Victoria . . .	2.33 . . . 0.22 . . .	235.6 ⁰ . . .	8.4 ⁰
	(284) Amalia . . .	2.35 . . . 0.22 . . .	233.9 . . .	8.1
XII.	(149) Medusa . . .	2.18 . . . 0.07 . . .	158.6 . . .	0.9
	(291) Alice	2.22 . . . 0.09 . . .	161.0 . . .	1.8
	(315) Constantia	2.21 . . . 0.16 . . .	160.9 . . .	2.3
	(317)	2.28 . . . 0.09 . . .	150.7 . . .	1.8

Der Planet (323) ist der erste neue Planet, der mit Hilfe der Photographie gefunden ist. Dr. M. Wolf machte nämlich am 22. und 23. December 1891 zwei Aufnahmen der Gegend des Himmels, wo nach einer etwas zweifelhaften Rechnung der seit 1888 nicht wiedergesehene Planet 275 Sapiientia stehen sollte.¹⁾ Diesen Planeten direct unter vielen Hunderten von Sternen, denen er im Aussehen gleichen mußte, herauszufinden,

1) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3073, S. 15.

wäre auf directem Wege, also mittels Auge und Fernrohr, kaum möglich gewesen. Auf den zwei Platten, die beide mehrere Stunden lang exponirt gewesen waren, war er aber leicht zu erkennen, da er während der Aufnahmedauer zwischen den Sternen sich weiter bewegt hatte und daher nicht, wie die Sterne, einen Punkt auf der Platte gezeichnet hatte, sondern einen Strich, dessen Lage und Länge die Richtung und Größe der Bewegung bestimmt. Gleichzeitig enthielten die gleichen Aufnahmen noch andere Striche, von denen einer dem neuen Planeten (323) angehört, der durch eine ganz ungewöhnliche Bewegung nach Norden sich auszeichnet. Die Neigung der Bahn dürfte größer sein als die aller übrigen Planeten, Pallas vielleicht angenommen.

Dr. M. Wolf setzte nun die Versuche, Planeten photographisch zu suchen, weiter fort und gelangte zuletzt zu so günstigen Resultaten,¹⁾ daß die allgemeine Einführung dieser Methode nur eine Frage der Zeit sein kann. Denn es war ohne sehr bedeutende Mühe gelungen, erstens von den älteren Planeten alle in Opposition befindlichen auf den Platten nachzuweisen — so weit das Wetter günstig war — und zweitens eine große Anzahl neuer Planeten zu entdecken, die freilich nicht sämmtlich weiter verfolgt werden konnten. Indessen wird man, wenn die jetzt vernachlässigten Planeten einmal wieder entdeckt werden, dann bei der Bahnberechnung die früheren photographisch gewonnenen und ein für allemal fixirten Positionen verwenden können. Ueberhaupt läßt sich die Planetenberechnung so wesentlich abkürzen, da zur photographischen Auffindung der Ort nur ungefähr bekannt zu sein braucht, daß man in Zukunft mit derselben Arbeit viel mehr Planeten wird beständig überwachen können. Alsdann wird es auch viel eher möglich sein, allgemeine Sätze über die Vertheilung, Größe, Bahnverwandtschaft bei den Planetoiden zu erkennen und auch näheres über den Ursprung dieser Körper und ihre Beziehung etwa zu den Kometen, Meteoriten etc. festzustellen (vgl. Jahrb. 1891 S. 38 ff.).

Eine solche ziemlich deutlich hervortretende Gesetzmäßigkeit wird von den Bahnneigungen der Planetoiden befolgt.²⁾

1) Naturw. Rundschau Bd. VII, S. 249 und Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3092, S. 337.

2) Vgl. Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3088, S. 265.

Als im Laufe der Decennien immer stärkere Fernrohre zum Suchen verwendet wurden, kamen immer schwächere Planeten zu den bekannten hinzu und gegenwärtig scheint die Zahl derer, die im Mittel 10. Gr. und heller sind, bereits ganz vollständig zu sein und auch Planeten 11. Gr. (für mittlere Distanz) sind sehr selten geworden. Es zeigt sich nun, daß in jeder Größenklasse zuerst die Planeten mit kleiner Neigung zur Entdeckung kamen und erst spät die mit großen Neigungen, wie das auch leicht verständlich ist, da die letzteren immer nur kurze Zeit in der Nachbarschaft der Ekliptik verweilen, wo vorwiegend nach Planeten gesucht wird. Durch Zusammennehmen von je 20 Planeten derselben Größenklasse, geordnet nach der Entdeckungsfolge, hat sich für die Neigungsmittel folgende Tabelle ergeben:

I. Planeten, deren mittl. Oppos. Größe 10.—11. ist:

Planet	1—20	Mittel der i	=	7·8°
=	21—40	=	i	= 9·2
=	41—57	=	i	= 10·4

II. Planeten, deren mittl. Oppos. Größe 11.—12. ist:

Planet	1—20	Mittel der i	=	6·4°
=	21—40	=	i	= 8·4
=	41—60	=	i	= 8·8
=	61—80	=	i	= 9·4
=	81—100	=	i	= 11·8

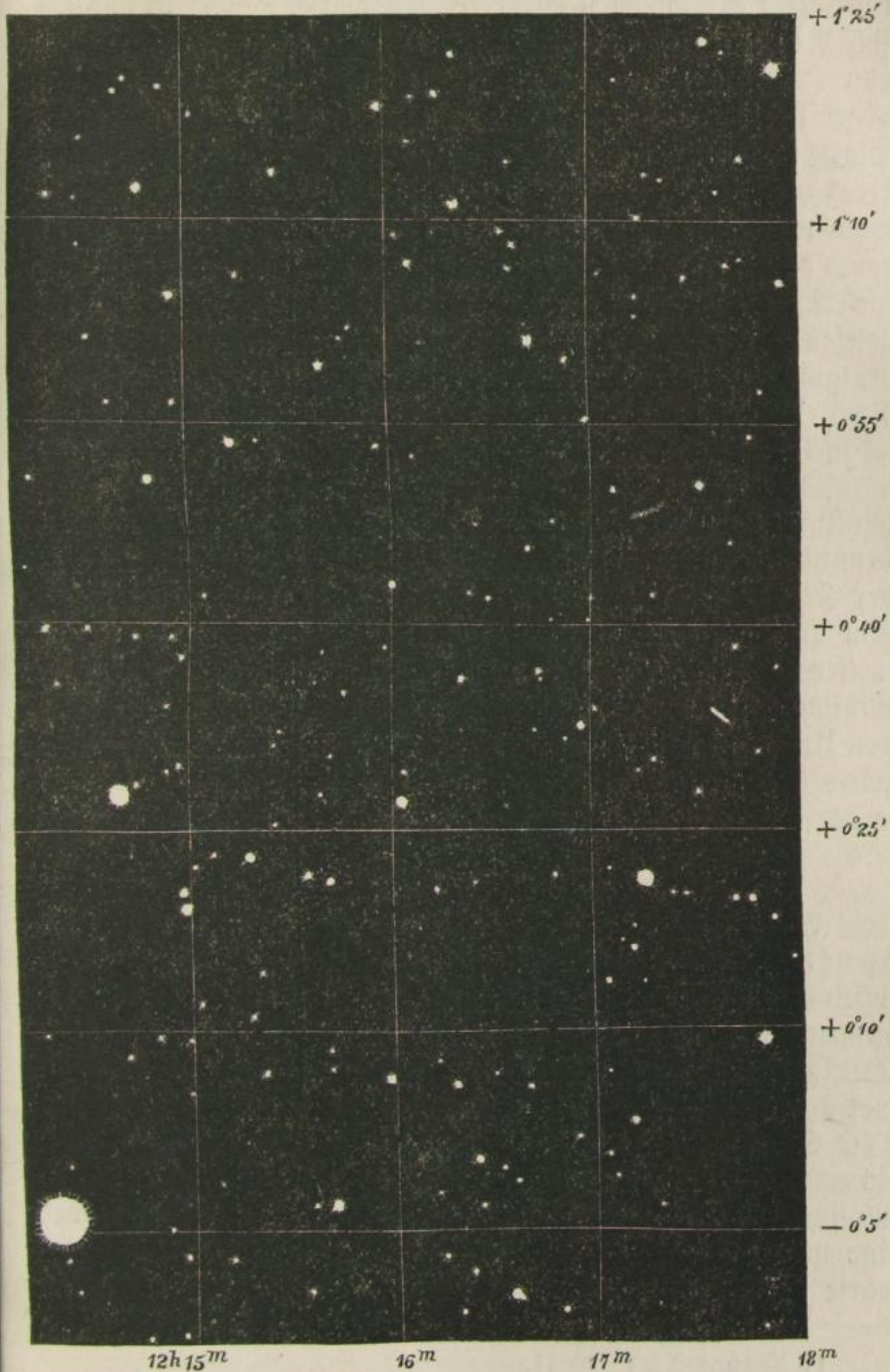
III. Planeten, deren mittl. Oppos. Größe 12.—13. ist:

Planet	1—20	Mittel der i	=	6·2°
=	21—40	=	i	= 7·3
=	41—60	=	i	= 8·1

Die Anzahl der Planeten unter II, die durch Neuentdeckungen nur noch unbedeutend vergrößert werden dürfte, ist etwa das Doppelte der Planeten unter I, so daß die Gesamtzahl der Planetoiden einschließlich der im Mittel 15. Größe rund 3000 sein würde, d. h. das Zehnfache der jetzt bekannten Planetenzahl; letztere würde bereits 95 Procent der Gesamtmenge der Planetengruppe enthalten.

Wie sich ein Planetoid photographisch darstellt, ersieht man aus Fig. 4, die nach der (etwa siebenfachen) Vergrößerung

Fig. 4.



einer Ausnahme vom 21. März 1892 gezeichnet ist. Unten links steht der Stern η Virginis, der dritter Größe ist und der sich bei der anderthalbstündigen Expositionsdauer als Scheibe von etwa 1 mm — hier in der Vergrößerung von 6 mm — abgebildet hat. Der Planetoid, den Dr. M. Wolf auf dieser Platte fand — Nr. 329 — ist an seiner Strichform ohne Weiteres zu erkennen (R. A. = $12^h 17^m 38^s$; Decl. = $+ 0^\circ 36'$). Er war damals etwas heller als 12. Größe und glich im Fernrohr dem 6' südlicher stehenden Fixsterne. Die schwächsten noch als Spuren erkennbaren Sterne sind kaum 13. Gr.; auf der ganzen Fläche der nebenstehenden Figur, die ungefähr 1.5 Quadratgrad umfaßt, sind über zweihundert Sterne zu zählen. Auch einen engen Doppelstern bemerkt man nicht weit von dem Planeten entfernt.

Jupiter. — Professor W. Schur in Göttingen hat die günstigen Beobachtungsverhältnisse im Monat September 1891 benutzt, um eine größere Anzahl von Durchmessern des Jupiter, der sich am Anfange des Monats in Opposition befand, mit dem Heliometer zu messen. Im Ganzen wurden 88 Durchmesser in verschiedenen Positionswinkeln erhalten, und das allgemeine Ergebniß dieser Messungen besteht darin, daß man den Umriss der Jupiterscheibe als Ellipse zu betrachten hat, und zwar beträgt in mittlerer Entfernung

der Aequatorialdurchmesser $37.428''$

„ Polar-Durchmesser . $35.020,$

also die Abplattung . . $1:15.54.$

Von verschiedenen Beobachtern ist auf das Erscheinen dunkler Flecke in dem ersten Streifen im Norden des nördlichen Aequatorstreifens des Jupiter in ungefähr 20° Breite aufmerksam gemacht worden. Aus seinen Beobachtungen vom 21. August bis 15. September 1891 hat Denning¹⁾ für einen dieser Flecke eine Rotationsdauer von 9 Stunden 49 Min. 27.2 Sec. abgeleitet; dann aber trat eine rasche Veränderung ein und für denselben Fleck sowie für einige benachbarte ergab sich für den Zeitraum vom 15. September bis 15. Oktober eine um 17 Secunden größere Periode. Auf der Sid-Sternwarte wurden im August eine Reihe Photographien der Ju-

1) Nature XLV, p. 41.

piterscheibe erhalten, die so vorzüglich sind, daß sie, wie Stanley Williams bemerkt, den Anblick des Planeten ersetzen können. Diese Abbildungen zeigen auch einige dunkle Flecke, und der Vergleich mit einer Skizze, die ungefähr um eine Rotationsdauer später angefertigt worden ist, läßt deutlich eine Bewegung dieser Flecke, bezüglich des rothen Fleckes erkennen, eine Folge der schnelleren Bewegung des Streifens, in dem sie liegen. Aus Messungen einer Gruppe von drei solchen dunkeln Flecken am 17. und 21. September 1891 findet Barnard,¹⁾ daß dieselben ihre Länge um etwa 10° täglich vermehren, daß sie also in Bezug auf den großen rothen Fleck in ungefähr 36 Tagen einen Umlauf vollenden. Dieselbe Bewegung zeigte auch ein kleiner heller Fleck, der am 21. September in etwa 10 Bogensekunden Abstand der Gruppe folgte.

Schon im Jahre 1880 brach übrigens an derselben Stelle eine Kette von kleinen dunkeln Flecken auf, die auffallende Veränderungen durchliefen und schließlich einen verwaschenen rothen Streifen um den Planeten bildeten. Wegen der raschen Gestaltveränderungen konnte ihre Rotationszeit nicht sicher festgestellt werden. In der That scheint der Ausbruch im vergangenen Jahre eine Wiederholung der Erscheinung von 1880 zu sein.

Unter andern merkwürdigen Objecten auf dem Jupiter gedenkt Barnard auch noch eines im Jahre 1890 erschienenen neuen südlichen rothen Fleckes. Derselbe war auf einem Parallel gerade südlich von dem des großen rothen Fleckes sichtbar geworden. Im October 1891 war er am besten ausgebildet und stellte damals das deutlichste Object auf dem Jupiter dar. Auch seine rothe Farbe war jetzt am intensivsten, nahm aber, wie überhaupt die Deutlichkeit rasch ab, so daß schon am 20. Nov. jede Spur des Fleckes verschwunden war.²⁾

Der rothe Fleck in der hellen Zone südlich vom südlichen Aequatorstreifen ist von Denning seit seinem ersten Auftreten im Juli 1878 beständig beobachtet worden. Augenscheinlich wurde er bisweilen von Wolken verschleiert und seine Färbung war, besonders in der Mitte vielfachen Veränderungen

1) Astron. Nachr. Bd. 128, Nr. 3063, S. 291.

2) Astronomy and Astrophysics Bd. XI, Nr. 101, 93.

unterworfen, seine Umrisse und Dimensionen aber sind im Wesentlichen ungeändert geblieben. Einen interessanten Gegenstand der Untersuchung haben die veränderlichen Bewegungen des Fleckes dargeboten, die sich in den folgenden von Denning aus Beobachtungen während der letzten elf Oppositionen des Planeten abgeleiteten mittleren Rotationszeiten kund geben.¹⁾

Beobachtungszeit		Rotationen	Rotationsdauer
1879 Juli 10 bis	1880 Febr. 7	512	9 ^h 55 ^m 34·2 ^s
1880 Sept. 27 =	1881 März 17	413	9 55 35·6
1881 Juli 8 =	1882 März 30	640	9 55 38·2
1882 Juli 29 =	1883 Mai 4	674	9 55 39·1
1883 Aug. 23 =	1884 Juni 12	710	9 55 39·1
1884 Sept. 21 =	1885 Juli 8	700	9 55 39·2
1885 Oct. 24 =	1886 Juli 24	659	9 55 41·1
1886 Nov. 23 =	1887 Aug. 2	609	9 55 40·5
1888 Febr. 12 =	1888 Aug. 22	462	9 55 40·2
1889 Mai 28 =	1889 Nov. 26	439	9 55 40·0
1890 Mai 22 =	1890 Nov. 25	561	9 55 40·2

Eine seltene Erscheinung war die theilweise Verfinsternung des ersten Jupitermondes durch den Schatten des zweiten, während die Schatten beider Monde sich über die Scheibe des Planeten bewegten, am Abende des 14. August 1891. Nach J. J. Landerer, der die Erscheinung in Tortosa beobachtete, trat der Schatten des zweiten Mondes um 10 Uhr 56 Min., der des ersten 11 Uhr 5 Min. auf der Ostseite in die Scheibe ein, beide waren dicht bei einander (der des zweiten Mondes etwas südlicher) am inneren Rande des großen südlichen Streifens.²⁾ Bis 11 Uhr 32 Min. waren beide Schatten deutlich getrennt, dann aber flossen sie zu einem verlängerten Fleck zusammen, und 11 Uhr 39 Min. war die Verlängerung kaum noch merklich; sie war senkrecht zur Bewegungsrichtung. Was den ersten Mond anlangt, so war derselbe um 11 Uhr 30 Min. mindestens eben so hell als der zweite, zwei Minuten später aber ward er matter, und die Abnahme der Helligkeit dauerte fort bis 11 Uhr 36 Min.

1) Nature XLIV, p. 439.

2) Comptes rendus Bd. CXIII, S. 401.

Von diesem Zeitpunkte an wurde die Vergleichung schwierig, doch glaubt Landerer bemerkt zu haben, daß 5 Minuten nach dem Minimum der Verlängerung des Schattenflecks der erste Mond wieder an Helligkeit zunahm, ehe er auf dem centralen Theile der Planetenscheibe unsichtbar wurde.

Der innerste Jupitermond bietet bisweilen bei seinen Vorübergängen vor dem Hauptplaneten merkwürdige Erscheinungen dar, die sich nach Barnard durch die Annahme erklären lassen, daß dieser Mond ziemlich dunkel ist bis auf einen sehr hellen, den Jupiterstreifen parallelen Aequatorgürtel. Als im Jahre 1890 der erste Mond für uns über hellen Flächen der Jupiterscheibe erschien, erblickte ihn Barnard mit dem 36 zölligen Refractor der Lidsternwarte doppelt; es waren da nur die beiden dunkeln Calotten im Norden und Süden des Aequators sichtbar, deren Abweichung von der Kreisgestalt der Kleinheit dieser Flecke wegen nicht zu erkennen war, während die Aequatorzone sich nicht von dem hellen Hintergrunde abhob. Im Sommer 1891 dagegen projecirte sich der Mond auf den südlichen dunkeln Aequatorstreifen, und Barnard erblickte ihn in seiner langgestreckten, im Verhältniß 1 zu 2 abgeplatteten Gestalt; jetzt entzogen sich die dunkeln Calotten der Wahrnehmung und nur der Aequatorstreifen war sichtbar.

Saturn. — Flecken auf dem Saturn. Nachdem A. Stanley Williams die Flecken des Jupiter mehrere Jahre hindurch aufmerksam beobachtet hatte, ging er daran, mit einem Spiegelteleskop von $6\frac{1}{2}$ Zoll Oeffnung die Flecken des Saturn zu verfolgen, um aus diesen Beobachtungen die Rotationsdauer desselben abzuleiten.¹⁾ Im April 1891 waren nur die hellen und dunkeln Streifen am Aequator, ähnlich denen des Jupiter, sichtbar. Am 3. Mai aber erblickte er auf dem dunkeln Hauptstreifen einen schwachen dunkeln Fleck, ungefähr in der Mitte zwischen Centrum und vorangehendem Rand, und am 17. Mai bemerkte er einen hellen Fleck in der hellen Aequatorialzone und nahe vor demselben in der dunkeln Zone einen dunkeln Fleck. Seitdem beobachtete er jeden Abend mehrere Stunden lang den Saturn und notirte die Durchgangszeiten der Flecken durch den Mittelmeridian. Erst am 30. Mai wurden

1) Astron. Nachr. Bd. 128, No. 3051, S. 33.

die Beobachtungen verglichen und es konnte die Identität von mehreren der beobachteten Flecken nachgewiesen werden. Die Beobachtungen sind dann bis in den Juli 1891 fortgesetzt worden, und Williams hat im Ganzen gegen 80 Durchgänge durch den Mittelmeridian beobachtet, aus denen er eine Rotationsdauer des Saturn von 10 Stunden 15.5 Minuten abgeleitet hat, welche ungefähr in der Mitte liegt zwischen dem von W. Herschel und dem neuerdings von Hall angegebenen Werthe (vgl. den vorigen Jahrg. dieses Jahrb., S. 49).

Die in den letzten Jahren am 30 zölligen Refractor in Pulkowa angestellten Beobachtungen des siebenten Saturnmondes Hyperion hatten in den Längen dieses Trabanten Unregelmäßigkeiten erkennen lassen, welche der auch aus theoretischen Gründen nahe liegenden Vermuthung Raum gaben, daß die Bewegung desselben einer bedeutenden Libration von kurzer Periode unterworfen sei. Dies ist dann auch durch die von Hermann Struve durchgeführte Untersuchung bestätigt worden.¹⁾ Sind l und l_1 die mittleren Längen des Hyperion und Titan, ω die Länge des Perisaturniums und

$$V = 4l - 3l_1 - \omega,$$

so gilt für den Winkel V die angenäherte Formel

$$V = 180^\circ + A \sin \frac{360^\circ}{T} (t - t_0),$$

und für die hier auftretenden Constanten ergaben sich aus den Pulkowaer Beobachtungen die Werthe:

für die Zeit, wann die Zeitdifferenz $t - t_0 = 0$ ist
1887 März 25,

für die Amplitude der Oscillationen von V um 180°
 $A = 36^\circ$

und für die Periode dieser Oscillationen
 $T = 643$ Tage.

Mit Zuhilfenahme von Washingtoner Beobachtungen von 1882 und 1884, sowie der Cassell'schen Beobachtungen von 1852—53 hat sich dann noch für T der verbesserte Werth

$$T = 641 \text{ Tage}$$

ergeben.

Entsprechend den Schwankungen von V müssen die Längen

1) Astron. Nachr. Bd. 128, Nr. 3060, S. 209.

des Hyperion, wenn man dessen Masse gegen die des Titan vernachlässigt, die Ungleichheit

$$\delta l = 9^{\circ} \sin 0.562^{\circ} (t - t_0)$$

zeigen, was in der That den Beobachtungen entspricht.

Der Durchmesser des Saturntrabanten Titan erscheint uns immer als eine sehr geringe Größe.¹⁾ A. Saffarik schätzte ihn nach den Beobachtungen an seinem Clarke'schen achtzölligen Refractor etwa gleich den Durchmessern des I. und II. Jupitermondes (März 1889), also 0.5". Im Jahre 1891 versuchte er eine Bestimmung durch Vergleichung mit den Interferenzscheibchen benachbarter kleinerer Fixsterne. Die gefundenen Werthe sind unter sich stark verschieden; im Mittel würden sie 0.35" geben, entsprechend einem Durchmesser von 2400 km oder 330 Meilen (zwei Drittel des Monddurchmessers).

Schröter hatte den Durchmesser zu 0.6" (570 Ml.) angegeben (Berl. Astr. Jahrb. f. 1800 S. 173), Mädler maß ihn mittels Fadenmikrometers und erhielt 0.75" (720 Ml.) nach Dorp. Beob. XV. 2, eine Zahl, die offenbar zu groß ist. Nach Pickering's Photometrie ist die Helligkeitsgröße des Saturn 0.9, die des Titan 9.4; letzterer würde 2500 mal lichtschwächer als der Planet sein und bei gleicher Albedo also einen 50 mal kleineren Durchmesser besitzen; dies würde 0.38" oder 360 Ml. geben.

Die Saturnringe waren im Herbst 1891 unsichtbar geworden, zu einer Zeit allerdings, als Saturn in der Nähe der Sonne stand. Das Wiedererscheinen derselben Ende December fand daher unter wenig günstigen Verhältnissen statt. J. A. C. Dudemans in Utrecht²⁾ stellte mit einem Merz'schen Refractor von 26 cm Oeffnung bei 162 f. Vergrößerung einige diesbezügliche Beobachtungen an. Am 28. Oct. um 18^h erschien Saturn bestimmt noch ohne Ring. Tags darauf 29. Oct., 17^h 30^m war der Ring ebenfalls noch unsichtbar; dagegen sah Dudemans bei sehr guter Luft eine feine dunkle Linie über den Planetenaequator laufen. Am 30. Oct. war es trüb. Auch am 31. war Saturn nur für einen Augenblick durch Wolken sichtbar. Der Ring zeigte sich jetzt als eine feine leuch-

1) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3046, S. 366.

2) Dies. Bd. 129, Nr. 3074, S. 25. Vgl. Monthly Notices Bd. LII, S. 157.

tende Linie zu beiden Seiten des Planeten. Am 2. Nov. war der Ring wieder als feiner heller Strich zu sehen, auch die dunkle Linie über dem Saturnaequator war noch erkennbar. Letztere sieht Dudemans für die Projection des inneren „dunklen“ Ringes auf dem Planeten an; der Schatten, den die hellen Ringe um jene Zeit auf den Saturn warfen, konnte nicht so breit sein. (D. berechnet diesen Schatten zu $0.03''$, die Projection des dunklen Ringes gleich $0.10''$).

Auch Barnard hat dem Wiedererscheinen des Saturnringes seine Aufmerksamkeit gewidmet.¹⁾ Bis zum 29. Oct. konnte von demselben keine Spur außerhalb des Saturn gesehen werden, dagegen projecirte er sich auf den Saturn selbst als breites rundes Band, den Planeten gleichsam in zwei Hälften schneidend. So am 22. Oct., wo die Ringprojection völlig schwarz erschien und $0.51''$ breit war. Hier stand die Erde $1^{\circ} 36'$ nördlich von der Ringebene, die Sonne hingegen $8'$ südlich. Am 29. Oct. um $17^h 0^m$ mittl. Zeit zeigten sich die Ringe leicht und deutlich als feine Lichtlinien, die jedoch unmittelbar neben den Planeten ($2''$ Distanz) nicht zu erkennen waren. Auf dem östlichen Theile des Ringes sah Barnard zwei Erhebungen, „möglicherweise Satelliten“. Sedenfalls sind die Ringe, selbst für den 36-Zöller der Lidsternwarte, zu dünn, um in ihrer Kante gesehen werden zu können; Barnard schätzt ihre Dicke auf höchstens 80 km.

In Verbindung mit der Beobachtung von Dudemans folgt aus Barnards Wahrnehmungen, daß der Ring zwischen $18^h 3^m$ des 29. Oct. und $2^h 30^m$ des 30. Oct. (Mittl. Berliner Zeit) sichtbar geworden ist.

Kometen.

Im Jahre 1891 konnten im Ganzen 10 Kometen beobachtet werden, von denen fünf in diesem Jahre selbst ihre Sonnennähe passirten.

Der am 2. September 1888 entdeckte Komet 1889 I Barnard, der mit Unterbrechungen zunächst bis zum 7. September 1890, also über zwei Jahre lang, hatte verfolgt werden können, kam im Frühjahr 1891 wieder in günstige Stellung am

1) Monthly Notices Bd. LII, S. 419.

Nachthimmel und konnte von Dr. Spitaler, Assistent der Sternwarte Wien, am 1. Mai noch einmal beobachtet werden. Freilich war er nur ein mit größter Anstrengung der Augen sichtbarer Nebelschimmer von 5" Durchmesser, den selbst Barnard mit dem 36-Zöller der Lichtsternwarte nicht mehr hatte sehen können. Offenbar hat die Lichtstärke seit Herbst 1890 rascher abgenommen als nach der gewöhnlichen Formel zu erwarten war. Mit Dr. Spitalers Beobachtung umfaßt die Dauer der Sichtbarkeit dieses Kometen 970 Tage; die Entfernung von der Sonne betrug zuletzt 164, die von der Erde 148 Mill. Meilen.

In ähnlicher Weise war auch der Komet 1889 V, entdeckt von Brooks am 6. Juli 1889, noch bis zum 12. Jan. 1891 verfolgt worden, wo Barnard die letzte Beobachtung erhielt. Die Entfernungen des Kometen von der Sonne und Erde betragen an diesem Datum 75 bezw. 56 Mill. g. Meilen, die ganze Sichtbarkeitsdauer umfaßte 555 Tage. Mit Barnards letzten Positionsbestimmungen vom 21. November 1890 bis 12. Jan. 1891 war es möglich, schon jetzt die Bahn des Kometen mit ungewöhnlicher Schärfe zu berechnen, eine Arbeit, die Lane Poor in Cambridge ausgeführt hat. Derselbe rechnete dann rückwärts den Lauf des Kometen bis 1886, wo dieser bekanntlich in unmittelbarer Nähe bei Jupiter vorbeiging, und kam zu dem Resultate, daß der Komet beinahe die Jupiteroberfläche gestreift haben muß. Vor dieser unmittelbaren Zusammenkunft mit dem gewaltigsten der Planeten muß die Umlaufszeit — statt jetzt 7 Jahre — etwa $44\frac{1}{3}$ Jahre gedauert haben und die Bahn erstreckte sich bis nahe an die Uranusbahn. Im Jahre 1844 muß auch eine Annäherung an Saturn eingetreten sein, welche ebenfalls die Bahn erheblich veränderte; vor derselben dürfte der Komet nur 34 Jahre zu einem Umlaufe gebraucht haben. Auf Grund eines theoretischen Satzes war Schulhof zu dem Ergebnisse gelangt, daß unter Voraussetzung der Gleichheit des Lexell'schen Kometen 1770 I und des gegenwärtigen 1889 V die Umlaufszeit nach der großen Jupiterstörung im Jahre 1779 etwa 32 Jahre und vor der Störung im Jahre 1886 nahezu 42 Jahre hätte betragen sollen, Zahlen, die den direct berechneten schon so nahe kommen, daß die Identität der zwei Kometen sehr an

Wahrscheinlichkeit gewinnt. Die Geschichte dieses Himmelskörpers ist eine äußerst wechselvolle — selbst wenn man nur die letzten 125 Jahre seit 1767 betrachtet, wo er auch dem Jupiter nahe gekommen war; vorher hatte die Bahn mindestens 8 Jahre Umlaufszeit, nachher der Reihe nach $5\frac{1}{2}$, 32, 44 und jetzt 7 Jahre und dies voraussichtlich bis 1921, wo er wohl wieder durch Jupiter auf einen andern Weg gelenkt wird.

Der dritte lange sichtbare Komet war der von Barnard am 31. März 1889 entdeckte 1889 II, den Barnard zum letzten male am 7. September 1890 beobachtete, d. i. am 525. Tage seit der Entdeckung. Eine neue Bahnberechnung hat Prof. Millosevich in Rom ausgeführt und folgende elliptische Elemente gefunden: ¹⁾

$$\begin{aligned} T &= 1889 \text{ Juni } 10.80983 \text{ m. } \text{Z. Berlin} \\ \omega &= 123^{\circ} 54' 54''.4 \\ \Omega &= 310 \quad 42 \quad 36.3 \\ i &= 163 \quad 50 \quad 31.2 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \end{aligned}} \right\} \text{ m. Aequ. } 1889.0$$

$$\begin{aligned} q &= 2.25532 \\ e &= 0.9995208. \end{aligned}$$

Nur zwei bisher berechnete Kometen besitzen eine größere Periheldistanz, nämlich der Komet von 1729 mit $q = 4.043$ und der Komet 1885 II mit $q = 2.507$.

Wie bereits S. 53 des vorigen Jahrg. dieses Jahrbuches erwähnt, ist der Komet 1890 II in Wien noch bis in das Jahr 1891 verfolgt worden; noch am 1. Juni gelang daselbst eine Beobachtung, worauf der Komet wieder in der Dämmerung verschwand. Seine Helligkeit war aber noch so bedeutend, daß der Berechner, Dr. Bidschof in Wien, nochmals für den Winter 1891—92 die Möglichkeit fortgesetzter Beobachtungen voraussagte, die sich dann auch durch die Wiederauffindung des Kometen in Nizza (Mr. Javelle) am 6. Januar 1892 in Wirklichkeit verwandelte.²⁾ Damit umfaßt die Sichtbarkeitsdauer dieses Kometen bereits 658 Tage; er befand sich in einer Entfernung von 126 Mill. Meilen von der Sonne und von 111 Mill. Meilen von der Erde. Dr. Bidschofs Bahnelemente lauten:³⁾

1) Mem. spett. ital. Vol. XIX, 3—11.

2) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3074, S. 32.

3) Dies. Bd. 128, Nr. 3059, S. 201.

$$\begin{aligned}
 T &= 1890 \text{ Juni } 1.57873 \text{ m. } \text{Z. Berlin} \\
 \omega &= 68^{\circ} 56' 13''.9 \\
 \Omega &= 320 \quad 20 \quad 43.6 \\
 i &= 120 \quad 33 \quad 23.3 \\
 q &= 1.90753 \\
 e &= 1.0003726.
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \\ q \\ e \end{aligned}} \right\} \text{ m. } \text{Acqu. } 1890$$

Die Bahn ist somit eine Hyperbel, doch steht dieses Resultat noch nicht zweifellos fest.

Die beiden Kometen 1890 IV und VII (Zona und Spitaler), von denen der zweite am 16. Nov. in unmittelbarer Nähe beim ersten entdeckt wurde, sind noch im Anfang 1891 beobachtet worden, Komet Zona bis zum 13. Januar, Komet Spitaler bis 9. Februar; gesehen wurde letzterer noch am 13. März, aber äußerst schwach. Mr. Hind hat neuerdings elliptische Elemente berechnet, welche nur unerheblich von den Resultaten der Herren Spitaler und Rosmanith (vgl. Jahrb. d. Erf. XXVII S. 56) abweichen. Zu erwähnen wäre vielleicht noch, daß der Komet 1890 IV nach Dr. Holetscheks Rechnung schon lange vorher hätte entdeckt werden können, ehe ihn Zona im November auffand.¹⁾ Denn die gleiche Helligkeit wie hier besaß er (theoretisch) schon im März 1890, wo er gleichfalls in Opposition zur Sonne stand; nur war er in 33° südlicher Declination, daher für die nördliche Hemisphäre sehr ungünstig; auf der südlichen Hemisphäre fehlt es aber bisher an Beobachtern, die sich mit Kometensuchen systematisch abgeben.

Die Periheldistanz des Kometen 1890 IV beträgt 2.05, die des Kometen Spitaler 1.82 Erdbahnhalbmesser, ist also beide male sehr groß. Ueberhaupt tritt in den letzten zehn Jahren (1881—1890) sehr deutlich die Thatsache hervor, daß die verstärkten optischen Hilfsmittel der Astronomen zur Auffindung von Kometen mit durchschnittlich viel größeren Perihelabständen als früher geführt haben. Die Kometen gruppieren sich nämlich folgendermaßen, je nachdem die Periheldistanz q kleiner als 0,8 (Erdbahnradien) ist, zwischen 0,8 und 1,6 liegt, oder endlich über 1,6 hinausgeht:

	I	II	III	Summen
Ältere Kometen:	157	120	14	291
Neuere =	19	17	8	44

1) Astr. Nachr. Bd. 126, Nr. 3007, S. 111.

oder in Procenten der „Summen“ ausgedrückt:

	I	II	III	
Ältere Kometen:	54	41	5	Procent
Neuere	= 43	39	18	=

Unter den älteren Kometen haben nur 15 Procent eine Periheldistanz größer als 1,2, unter den 44 Kometen der letzten zehn Jahre dagegen 39 Procent. Nach dem Verhältniß, das in der früheren Zeit vor 1880 stattfand, kamen auf 27 Kometen, bei denen q kleiner als 1,2 ist, 5 Kometen mit q größer als 1,2; jetzt dagegen haben wir statt 5 nicht weniger als 17, d. h. zwölf Kometen mehr.¹⁾

Im Jahre 1891 sind fünf Kometen durch ihr Perihel gegangen. Der erste derselben wurde am 29. März auf der Lidsternwarte von Barnard entdeckt, und Tags darauf von Denning in Bristol; er stand damals an der Grenze der Sternbilder Andromeda, Cassiopeia und Perseus, lief jedoch sehr rasch nach Süden und auf die Sonne zu, deren Strahlen ihn bereits nach dem 10. April den Beobachtern verhüllten. Prof. E. Lamp in Kiel berechnete folgende parabolische Bahn:²⁾

$$\begin{array}{l}
 T = 1891 \text{ April } 27.55900 \text{ m. } \text{Z. Berlin} \\
 \omega = 178^{\circ} 48' 24''.8 \\
 \Omega = 193 \quad 55 \quad 36.5 \\
 i = 120 \quad 31 \quad 27.0 \\
 q = 0.397495
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \\ q \end{array}} \right\} \text{ m. Aequ. } 1891,0$$

und gab zugleich die Stellungen an, in welchen der Komet im Mai und Juni für Sternwarten der südlichen Halbkugel wieder sichtbar werden mußte. In der That wurde der Komet auch wiedergesunden und von Finlay (Kapstadt) vom 9.—15. Juni, von Thome und Tucker (Cordoba) vom 17. Juni bis 9. Juli und endlich von Tebbutt in Windsor vom 4. Juni bis 3. Juli beobachtet.

Vor dem Perihel erschien der Komet nach den übereinstimmenden Berichten zahlreicher Astronomen³⁾ ziemlich hell und konnte selbst in starker Dämmerung gesehen werden, er zeigte eine verdichtete Mitte, jedoch keinen eigentlichen Kern, und be-

1) Naturw. Mdsch. VI, 260.

2) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3030, S. 94.

3) Dies. Bd. 127, 128.

faß einen kurzen Schweif. Nach dem Perihel bildete er dagegen durchweg ein schwieriges Object.

Als zweiter Komet des Jahres 1891 hat der zum ersten male wiederkehrende periodische Komet von Wolf zu gelten. Im Jahre 1884 am 17. Sept. entdeckt, hatte er bis zum 6. April 1885 beobachtet werden können, wo er weniger in Folge der Lichtabnahme, als vielmehr wegen seiner ungünstigen Stellung in der Dämmerung unsichtbar wurde. Die Zahl der Ortsbestimmungen betrug nahe an tausend, und aus ihnen leitete Pfarrer A. Thraen in Dingelstädt (Eichsfeld) die wahrscheinlichste Bahn ab mit einer Umlaufszeit von 2474 Tagen. In naher Uebereinstimmung mit dieser Rechnung ward der Komet, dessen Perihel auf den 3. Sept. fallen sollte, Anfang Mai wiedergefunden, und zwar am 1. Mai von Dr. Spitaler in Wien, am 3. Mai von Prof. Barnard auf der Lidsternwarte.

Noch war der Komet sehr schwach, er nahm aber rasch an Helligkeit zu und war zur Zeit des Maximums im September und October in vierzölligen Fernrohren leicht zu sehen. Nach dem Perihel nahm die Lichtstärke nur langsam ab, so daß im Februar 1892 Beobachtungen selbst an mittelgroßen Fernrohren gelangen und daß möglicherweise die Riesenrefractoren der Jetztzeit ihn im nächsten Winter noch zeigen werden — ähnlich wie das bei dem Kometen Brooks 1889 V der Fall war. Schon im Sommer 1890 hatte Prof. Barnard nach einer fast völlig genauen Ephemeride nach dem Wolf'schen Kometen gesucht, aber nichts von ihm sehen können. Indessen hatte er nicht den 36-Zöller angewendet, mit dem die Nachsichtung sehr mühsam gewesen wäre, sondern nur den Zwölfzöller, so daß das negative Resultat nicht viel sagen will.¹⁾ Pfarrer Thraen hat seine Bahn im Anschluß an einen Theil der Beobachtungen von 1891 verbessert und folgende Elemente erhalten:²⁾

$$\begin{aligned} T &= \text{Sept. } 3.4694 \text{ m. } 3. \text{ Berlin} \\ \omega &= 172^{\circ} 48' 26''.4 \\ \Omega &= 206 \quad 22 \quad 17.0 \\ i &= 25 \quad 14 \quad 33.7 \\ e &= 0.557186 \\ q &= 1.592788. \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \\ e \\ q \end{aligned}} \right\} \text{ m. Aequ. } 1891,0$$

1) Astr. Journal Bd. XI, Nr. 242, S. 13.

2) Astr. Nachr. Bd. 128, Nr. 3071, S. 422.

Die Umlaufszeit wäre 2491.7 Tage, sie hat sich seit 1884 in Folge starker Jupiterstörungen um 17 Tage verlängert. Zu einer nur wenige Stunden abweichenden Zahl für die neue Periode ist auch Schreiber dieser Zeilen (Verberich) gelangt.¹⁾

Ein besonders merkwürdiges Ereigniß war der Vorübergang des Kometen vor der Sterngruppe der Pleiaden vom 3. bis 6. September.²⁾ Dabei fanden mehrere Bedeckungen von Sternen durch den Kometennebel statt. Burnham und Barnard beobachteten am 3. Sept. die Bedeckung des Sternes Asterope I (7. Größe) und maßen die Abstände dieses Sternes von dem benachbarten Asterope II. Es zeigt sich in den Messungen Burnhams, der den 36-Zöller benutzte, um die Zeit der Bedeckung eine Verkleinerung der Entfernung beider Sterne, die vielleicht auf Lichtbrechung in dem Kometendampf zurückzuführen ist. In den Messungen Barnards am Zwölfzöller ist dagegen von dieser Veränderung nichts zu bemerken.

Ähnliche Messungen, die aber noch nicht bearbeitet sind, führten Prof. Chandrikoff und Dr. Ditschenko zu Kiew aus, als am 5. September der Stern Pleione bedeckt wurde.³⁾

Der Komet 1891 III ist der Encke'sche, dessen Bahn von Backlund in Petersburg vorausberechnet ist. Der Lauf gestaltete sich vollständig gleich dem im Jahre 1858, da beide male das Perihel auf den 18. October fiel. Damals, vor 33 Jahren, wurde der Komet am 7. August von Foerster in Berlin als sehr schwacher Nebel aufgefunden, er nahm aber schnell an Lichtstärke zu, so daß er im September 7.—8. Größe erschien und am 1. Oct. von Bruhns sogar mit freiem Auge erkannt werden konnte, obwohl er sich der Erde nur auf 18 Mill. Meilen genähert hatte. Die Angaben zahlreicher Beobachter aus dem Jahre 1891 lassen erkennen, daß eine erhebliche Aenderung in der Leuchtkraft und dem physischen Verhalten des Kometen seit 1858 nicht eingetreten ist. Barnard fand den Kometen am 1. August mit dem Zwölfzöller der Lidsternwarte auf; Dr. Spitaler in Wien glaubt, ihn schon im Juli gesehen zu haben, wo er aber für den 27-Zöller noch ein schwieriges Object war. Im September wuchs die Helligkeit rasch an; am 9. konnte ihn

1) Astr. J. Bd. XI, Nr. 253, S. 104.

2) Astr. Nachr. Bd. 128, Nr. 3072, S. 425.

3) Dies. Bd. 129, Nr. 3076, S. 57.

Dr. Holetschek in Wien an einem Fernrohr von nur 37 mm Oeffnung eben so leicht sehen, wie Sterne 8. Größe, am 25. Sept. wie einen Stern 7.5 und am 30. Sept. war der Komet nur $\frac{1}{2}$ Gr. schwächer als der eben mit freiem Auge sichtbare Stern κ Leonis. Im October nahm die Helligkeit zwar noch zu, indessen wurde die Morgendämmerung sehr störend, so daß der Komet gegen Sonnenaufgang rasch verblaßte. Dr. Knopf in Jena schätzte ihn um diese Zeit gleich hell wie den großen Andromedanebel, den man ja mit freiem Auge sehen kann. Bemerkenswerth und übereinstimmend mit dem Verhalten des Kometen in früheren Erscheinungen ist die allmähliche Ausbildung des Kernes. In größerem Abstände von der Sonne stellte sich der Komet nur als blasser gleichmäßiger Lichtwolke dar; im September trat eine nach und nach immer deutlicher werdende Condensation hervor, die zuletzt beinahe sternartig scharf wurde. Backlunds Elemente für diese Erscheinung lauten:¹⁾

$$\begin{array}{l} T = 1891 \text{ Oct. } 18^{\circ}054 \text{ m. } \mathcal{J}. \text{ Berlin} \\ \omega = 183^{\circ} 57' 19''.6 \\ \Omega = 334 \quad 41 \quad 26.7 \\ i = 12 \quad 51 \quad 57.9 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \end{array}} \right\} \text{ m. Aequ. } 1891.0$$

$$e = 0.846474$$

Umlaufszeit = 1206.3 Tage.

Der Komet 1891 IV ist von Prof. Barnard am 2. Oct. 1891 südöstlich von η im großen Hund entdeckt und bis zum 9. Oct. achtmal beobachtet worden. Seine rasche Bewegung nach Süden entzog ihn von da an den Beobachtern der Nordhemisphäre, er hätte jedoch Anfangs 1892 noch einmal für diese sichtbar werden können, wenn die Helligkeit, die inzwischen stark abgenommen hatte, es zugelassen hätte. Auch aus dem Süden sind Beobachtungen aus Sydney und aus Cordoba in Argentinien bekannt geworden, letztere bis zum 6. Dec. reichend. Wir führen folgende Bahnberechnung von Dr. Froebe (Wien) an:²⁾

$$\begin{array}{l} T = 1891 \text{ Nov. } 12^{\circ}9427 \text{ m. } \mathcal{J}. \text{ Berlin} \\ \omega = 268^{\circ} 33' 1''.0 \\ \Omega = 217 \quad 38 \quad 58.4 \\ i = 77 \quad 42 \quad 34.2 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \end{array}} \right\} \text{ m. Aeq. } 1891.0$$

$$q = 0.976873.$$

1) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3048, S. 428.

2) Dief. Bd. 128, Nr. 3072, S. 439.

Der letzte Komet des Jahres 1891 ist der dritte periodische Komet Tempel vom Jahre 1869, der 1880 als vermeintlich neuer Komet durch Swift entdeckt wurde und demgemäß gewöhnlich Tempel-Swift genannt wird. Die Vorausberechnung, welche Bossert in Paris geliefert hatte, stimmte nicht ganz genau; das Perihel trat 2·4 Tage später ein: die Elemente lauteten:¹)

$$\begin{aligned} T &= 1891 \text{ Nov. } 14\cdot98907 \text{ m. } \text{Z. Berlin} \\ \omega &= 106^{\circ} 43' 0''\cdot9 \\ \Omega &= 296 \quad 31 \quad 14\cdot8 \\ i &= \quad 5 \quad 23 \quad 13\cdot8 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \end{aligned}} \right\} \text{ m. Nequ. } 1891\cdot0$$

$$\begin{aligned} q &= 1\cdot08660 \\ e &= 0\cdot65270. \end{aligned}$$

Im Jahre 1869 war das Perihel auf den 18. Nov., im Jahre 1880 auf den 8. Nov. gefallen; die diesjährige Erscheinung mußte daher ganz ähnlich wie jene beiden verlaufen, wie das auch thatsächlich der Fall war. Der Erde näherte er sich Mitte November bis auf rund 4 Mill. Meilen. Es war wieder Barnard, der ihn zuerst (am 27. Sept.) auffand; am 30. fand ihn unabhängig auch Denning in Bristol. Wenn der Komet auch in der Erdnähe groß erschien, so wurde er doch niemals wirklich hell, er blieb stets ein verwuschener und nicht leicht zu beobachtender Nebel. Immerhin konnte er noch bis in den Februar 1892 (Wien, Spitaler) verfolgt werden, während 1869 die Beobachtungen sich auf die Zeit vom 27. Nov. bis 31. Dec. beschränken und 1880—81 die Sichtbarkeitsdauer vom 10. Oct. bis 20. Jan. reichte. Die Umlaufszeit beträgt 5,5 Jahre; der Komet war also 1875 und 1886 im Mai im Perihel, und ebenso wird er zunächst im Mai 1897 wiederkehren. Allein bei diesen Frühjahrperihelien steht der Komet direct hinter der Sonne und ist sechsmal weiter von der Erde entfernt, als bei den Herbsterscheinungen, so daß eine Wahrnehmung überhaupt ausgeschlossen ist. Er wird also erst wieder im Jahre 1902 für uns sichtbar werden, nachdem er 1899—1900 nahe bei Jupiter vorbeigegangen ist.

Die Bahn des Kometen 1857 III ist von Dr. Rudolf

1) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3040, S. 271.

König in Wien neu berechnet worden.¹⁾ Es sind 131 Beobachtungen aus der Zeit vom 22. Juni bis 19. Juli 1857 vorhanden. Die Bahn weicht nicht merklich von einer Parabel ab; die wahrscheinlichsten Elemente lauten:

$$\begin{aligned} T &= 1857 \text{ Juli } 18,01147 \text{ m. } \mathcal{Z}. \text{ Berlin} \\ \omega &= 134^{\circ} 3' 17''.1 \\ \Omega &= 23 \quad 41 \quad 30 \cdot 9 \\ i &= 121 \quad 1 \quad 1 \cdot 5 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \end{aligned}} \right\} \text{m. Aequ. } 1857,0$$

$$q = 0,3675347.$$

Die definitive Bahnbestimmung des Kometen 1887 III hat Dr. P. A. Henricius in Alesborg, Finland, ausgeführt. Entdeckt war dieser schwache Komet am 16. Februar 1887 von Barnard, die letzte der 75 Beobachtungen ist am 10. April von Plummer in Orwell Park bei London angestellt. Es war nicht möglich sicher nachzuweisen, daß die Bahn von einer Parabel verschieden ist; es genügt daher, hier bloß die wahrscheinlichsten parabolischen Elemente, zu denen Henricius gelangt ist, anzuführen.

$$\begin{aligned} T &= 1887 \text{ März } 28,47311 \text{ m. } \mathcal{Z}. \text{ Berlin} \\ \omega &= 36^{\circ} 32' 22''.9 \\ \Omega &= 135 \quad 27 \quad 10 \cdot 8 \\ i &= 139 \quad 47 \quad 16 \cdot 3 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \end{aligned}} \right\} \text{m. Aequ. } 1887,0$$

$$q = 1,006455.$$

Der erste Komet des Jahres 1867, entdeckt von Stephan in Marseille am 22. Januar und beobachtet bis zum 4. April läuft in einer Bahn, die elliptisch ist und bis in die Gegend der Uranusbahn reicht. Searle hatte schon früher eine Umlaufszeit von 33 Jahren gefunden und Dr. Ludwig Becker in Edinburg hat die Bahnbestimmung neuerdings wiederholt²⁾ und fand folgende Elemente:

$$\begin{aligned} T &= 1867 \text{ Jan. } 20,24439 \text{ m. } \mathcal{Z}. \text{ Berlin} \\ \omega &= 357^{\circ} 31' 14''.6 \\ \Omega &= 78 \quad 27 \quad 35 \cdot 3 \\ i &= 18 \quad 12 \quad 33 \cdot 5 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \end{aligned}} \right\} \text{m. Aequ. } 1867,0$$

$$q = 1.577231$$

1) Sitz. Ber. Wien Bd. C. Abth. II a. Jan. 1891.

2) Astr. Nachr. Bd. 128, Nr. 3057, S. 161 ff.

3) Monthl. Not. Bd. LI, 475—494.

$$a = 11.7138$$

$$e = 0.865352$$

$$\text{Umlaufszeit} = 40.1 \text{ Jahre.}$$

Die Umlaufszeit kann aber 5 Jahre größer oder kleiner sein, eine genaue Bestimmung war nicht möglich.

Am 22. Mai 1886 hatte W. R. Brooks in Phelps einen Kometen nahe bei Denebola entdeckt, der rasch nach Südosten lief und Anfangs Juli 10 Grad südlich von Spica verschwand. Die Berechnungen von S. Oppenheim und Hind zeigten, daß derselbe zu der immer mehr sich vergrößernden Gruppe von Kometen mit Umlaufzeiten von nur wenigen Jahren gehöre. Die genauere Ermittlung der Dimensionen der Bahn, die sich Dr. S. Oppenheim zur Aufgabe gemacht hat,¹⁾ erweist sich leider als kaum durchführbar, theils weil die Sichtbarkeitsdauer des Kometen im Jahre 1886 zu kurz war, theils wegen der geringen Güte der Beobachtungen. Die wahrscheinlichste Bahn gibt eine Umlaufszeit von 5.6 Jahren, auch wäre eine solche von fünf Jahren im Minimum oder bis zu 6.5 Jahren im Maximum keineswegs ausgeschlossen. Dr. Oppenheims Elemente sind:

$$T = 1886 \text{ Juni } 6, 72179 \text{ m. } \text{Z. Berlin}$$

$$\omega = 176^{\circ} 47' 54''.6$$

$$\Omega = 53 \quad 28 \quad 56.7 \quad \left. \vphantom{\Omega} \right\} \text{ m. Aequ. } 1886.0$$

$$i = 12 \quad 43 \quad 25.7$$

$$q = 1.327721$$

$$e = 0.578739$$

$$\text{Umlaufszeit} = 5.5954 \text{ Jahre.}$$

Die Wiederkehr des Kometen wäre also wohl im Laufe des Jahres 1892 (oder Ende 1891) zu erwarten, doch ist seine Auffindung nur dann zu hoffen, wenn er in der Zeit von April bis Juli ins Perihel kommt — zu allen anderen Zeiten würde er von der Erde zu weit entfernt bleiben.

Man kann übrigens indirect mit einiger Wahrscheinlichkeit auf eine Umlaufszeit von 6.3 Jahren schließen.²⁾ In dieser Bahn ist der Komet um die Jahre 1884, 1872 und 1859 dreimal recht nahe bei Jupiter vorübergegangen und würde

1) Astr. Nachr. Bd. 128, Nr. 3064, S. 297 ff.

2) Bericht des Berliner Rechen-Instituts, Vierteljahrsschr. der Astr. Ges. XXVI, S. 90.

sehr wohl mit dem nur von Goldschmidt am 16. Mai 1855 einmal gesehenen Kometen identisch sein können, den man erst für den de Vico'schen Kometen 1844 I von $5\frac{1}{2}$ Jahren Umlaufszeit gehalten hatte. In der jetzigen Bahn kann zwar der Brooks'sche Komet nicht in die Goldschmidt'sche Position gelangen, dagegen paßt die Bahn sehr nahe, welche der Komet vor den drei großen Störungen, also vor 1858 beschrieben hat, ein Umstand, der die Identität noch wahrscheinlicher macht. Die Umlaufszeit war früher um etwa 10 Monate kürzer, und die Periheldistanz nur ungefähr 1,0, so daß der Komet 1855 der Erde recht nahe kommen und dabei viel heller werden konnte als 1886. Dafür mußte er aber schon nach wenigen Tagen unter den Horizont von Europa gelaufen sein, so daß die vergeblichen Bemühungen Goldschmidts, den Kometen wiederzufinden, begreiflich sind.

Dr. Holetschek in Wien hat sehr gründliche Untersuchungen über die Vertheilung der Bahnelemente der Kometen angestellt.¹⁾ Schon in einer früheren Abhandlung „über die Richtungen der großen Axen der Kometenbahnen“ legte er dar, daß die Anhäufung von Perihel- und Aphelpunkten bis 90° und 270° nur eine scheinbare sei, verursacht durch die Verhältnisse, unter welchen die Kometen für die Erde und speciell für die nördliche Halbkugel sichtbar werden. Wäre die Anhäufung reell, so müßte sie sich besonders deutlich bei den allerdings nicht grade zahlreichen Kometen aussprechen, deren Bahn einen hyperbolischen Charakter zu zeigen scheinen und deren Ursprung außerhalb des Sonnensystems zu suchen wäre. Gerade bei diesen Kometen sind die Perihelien gleichmäßig vertheilt. Auch die Perihelbreiten vertheilen sich ganz regelmäßig über den Himmel, wenn man sie in ihrer Gesamtheit betrachtet. Indessen bemerkt man, daß bei den Kometen, deren Perihelabstand nahe gleich 1 ist, das Perihel im Mittel in geringer Breite, also nicht sehr weit von der Ekliptik entfernt, liegt. Der Grund ist klar: solche Kometen können, wenn sie ihre Sonnennähe passiren, auch nahe bei der Erde stehen und daher leichter entdeckt werden, als wenn das Perihel in hoher Breite um 1 bis 2 Erdbahnradien von der Erdbahn entfernt

1) Sitz. Ber. Wien Bd. 98 X, S. 1541 ff.

bleibt. Auch umgekehrt zeigt sich deutlich, daß zu kleinen Perihelbreiten größere Werthe von q (etwa 0,9) gehören.

Was die Periheldistanzen der bislang bekannten Kometen betrifft, so sehen wir, daß kleinere Werthe (unter 0,5) seltener sind als größere (0,5 bis 1,1). Die Anzahl der Kometen mit noch bedeutenderen Sonnenabständen nimmt rasch ab. Denn je weiter ein Komet von der Sonne entfernt bleibt, desto geringer muß seine Leuchtkraft werden, desto schwerer wird er für uns sichtbar werden können. So haben unter 300 untersuchten Kometen noch 43 Periheldistanzen zwischen 1,1 und 1,6; 13 weitere zwischen 1,6 und 2,2 und darüber hinaus giebt es nur noch zwei Kometen (mit dem Kometen 1889 II drei).

Die Neigungen der Kometenbahnen können bekanntlich im Gegensatz zu den Planetenbahnen alle möglichen Werthe von 0° bis 180° annehmen; doch sind die einzelnen Werthe nicht gleich häufig. Jene Grenzwerte sind seltener als Neigungen von 90° ca., und das Maximum der Anzahl von Neigungen liegt in der Gegend von 135° . Unter den Neigungen um 0° befinden sich die der meisten kurzperiodischen Kometen. Für die Kometen, deren Bahnneigung groß ist, finden fast immer günstige Sichtbarkeitsverhältnisse statt; sie kommen entweder in dem einen oder anderen Knoten nahe an der Erde vorbei oder stehen im Perihel in mäßigem, aber nicht zu geringem Winkelabstand von der Sonne. Sind andererseits die Neigungen klein, so können solche Kometen allerdings unter Umständen sehr günstige Stellungen einnehmen; ebenso häufig werden sie aber durch die Sonnenstrahlen unserem Blicke verborgen. Beispiele sind eben die kurzperiodischen Kometen, die oft mehrmals hinter einander unsichtbar bleiben und dann wieder einmal eine besonders günstige Erscheinung liefern; namentlich sieht man das bei den Kometen eintreffen, deren Periheldistanz größer als 1 ist. Im Allgemeinen scheint aber dieses Element zu der Größe der Neigung der Bahn in keiner Beziehung zu stehen.

Die Knotenlängen vertheilen sich ganz gleichförmig längs der Ekliptik; ebenso läßt sich bei den Bahnpolen kein entscheidendes Ueberwiegen derselben an irgend einer Stelle des Himmels angeben. Sehr richtig und bemerkenswerth ist der

Satz, daß der gemeinsame Ursprung von bestimmten Kometen sich im Allgemeinen an äußerlichen Kennzeichen der Bahnelemente nicht erkennen läßt; am ehesten führt noch die Gemeinschaftlichkeit der Aphelrichtung auf die Möglichkeit einer genetischen Verwandtschaft. „Die Vertheilung der Bahnelemente ist also kein Mittel, um principiell über den Ursprung der Kometen zu entscheiden.“

In einer verwandten Arbeit verbreitet sich Dr. Holetschek¹⁾ über den scheinbaren Zusammenhang der heliocentrischen Perihellänge mit der Perihelzeit der Kometen“. Es ist dies die Vervollständigung einer früheren Untersuchung (Wien, Akad. 1886), deren Ergebnisse sie in genauerer Weise bestätigt. In einer Tabelle giebt der Verf. für 317 in der Zeit von 136 v. Chr. bis 1890 erschienene Kometen (letzter ist 1890 II) die Differenzen der Perihellänge (l) und der Sonnenlänge bezw. Erdlänge (L oder $L + 180^\circ$), je nachdem die Periheldistanz klein (d. h. unter 0.3) oder groß (über 0.3) ist; die erste Gruppe umfaßt 36, die zweite 281 Kometen.

Die Differenz $l - L + 180^\circ$ bei der zweiten Gruppe ist am häufigsten kleiner als 60° (bei 161 Kometen, oder wenn die kurzperiodischen weggelassen werden, bei 135 Kometen), sie liegt schon wesentlich seltener zwischen 60° und 120° (bei 77 bezw. 72 K.) und sehr selten über 120° (bei 43 Kometen).

Bei der ersten Gruppe sind die entsprechenden Zahlen 19 ($0^\circ - 60^\circ$), 10 ($60^\circ - 120^\circ$) und 7 (über 120°).

Ordnet man diese Differenzen $l - L$ und $l - L + 180^\circ$ nach ihrer Größe, so findet man bei den 36 Werthen der ersten Gruppe, also der Kometen mit kleiner Periheldistanz, ebensoviele die kleiner, als solche die größer wie 59° sind, während bei den 281 Kometen mit großer Periheldistanz der entsprechende in der Mitte stehende Werth 49° , oder mit Beiseitlassung der periodischen Kometen 55° wird. Am günstigsten, für die Sichtbarkeit von der Erde aus, liegt also die Erscheinung eines Kometen, wenn die heliocentrische Länge seines Perihels bei kleinem q rund 60° von der zur Zeit des Periheldurchganges stattfindenden Sonnenlänge differirt, und bei großem q , wenn die Differenz zwischen der Perihellänge und der Erdlänge an dem Tage der Sonnennähe diesen Werth von 60° erreicht.

1) Sitz. Ber. Wien Bd. 99, S. 654—678.

Diese Regel findet der Verf. auch bestätigt, indem er die Kometen verschiedener Zeitabschnitte gesondert betrachtet. I. Abschnitt bis 1759, II. von 1759 bis 1835, III. von 1835 bis 1864 und IV. von 1864 bis 1890. Die Differenzen $l - L + 180^\circ$ sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

$l - L + 180^\circ$	I. Abschn.	II. Abschn.	III. Abschn.	IV. Abschn.	Summe
0° bis 60°	37	37	38	23	135
60° bis 120°	15	19	19	19	72
120° bis 180°	11	9	8	15	43
Summen	63	65	65	57	250

Nur zwischen 1870 und 1880 stimmt die Regel nicht, indem in diesem Decennium mehrere in ungewöhnlichen Stellungen erschienene Kometen sichtbar waren; dafür ist sie nach 1880 wieder um so klarer zu erkennen.

Wenn die Kometen ihrem Ursprunge nach zum Sonnensysteme gehören, so müssen ihre Bahnen Ellipsen sein; Hyperbeln wären ausgeschlossen und sind mit Sicherheit auch nicht nachgewiesen, den Kometen 1889 I ausgenommen. Aber auch in dem Falle, daß die Kometen aus dem Weltraume kommen, ist die Hyperbel sehr selten, wie Gauß und kürzlich wieder Seeliger (dieses Jahrb. 1891, S. 95) gezeigt haben. Doch muß beigefügt werden, daß die Hyperbel häufiger werden dürfte, wenn die in den letzten Jahren stattgehabte Entdeckung von Kometen mit großer Periheldistanz (über 2) auch fernerhin andauert, was bei den starken Instrumenten, mit denen jetzt Kometen gesucht werden, sehr wahrscheinlich ist. Daß unter den Kometenbahnen sich so zahlreiche elliptische — oft von recht kurzer Periode — finden, rührt dann ausschließlich von den Störungen her, welche die von außen eindringenden Kometen beim nahen Vorübergang bei Planeten wie Jupiter erleiden. Dieser „Kometenfang“ durch die Hauptplaneten ist Gegenstand mehrfacher Untersuchung geworden, seitdem der Komet Brooks 1889 V das Beispiel einer totalen Bahnveränderung geboten hat. So hat Prof. H. A. Newton gefunden,¹⁾ daß von tausend Millionen Kometen, welche in einem gewissen Zeitraume ihr innerhalb der Jupiterbahn gelegenes Perihel passiren, 126 Kometen Ellipsen von weniger

1) Amer. J. of Science (3) Bd. 42.

als 6 Jahren Umlaufszeit erhalten würden, bei 839 Kometen wäre U kleiner als 12 Jahre, bei 1701 Kometen kleiner als 18 und bei 2670 Kometen kleiner als 24 Jahre. Da aber diese vielen periodisch gewordenen Kometen nun öfter dem Jupiter nahe kommen müssen, so kann durch Summierung der Wirkung die kleine Umlaufszeit relativ noch viel häufiger werden. Hierzu kommt die anscheinend auch nicht allzu seltene Trennung eines Kometen in mehrere und man wird in der That eine überwiegende Mehrheit von Kometen mit mäßiger Umlaufszeit erwarten dürfen, selbst wenn der Ursprung derselben außerhalb des Sonnensystemes zu suchen ist.

Andererseits können freilich die Störungen einen Kometen wieder aus dem Sonnensysteme hinaustreiben; das Beispiel des Biela'schen Kometen und, wie es fast scheint, das des nicht wiedergefundenen Brorsen'schen (vgl. Jahrb. 1891 S. 59) weisen aber auf ein anderes Ende der periodischen Kometen als solcher hin.

Die periodischen Kometen, welche in geschlossenen Ellipsen laufen und der Bahn eines oder mehrerer Planeten sich nähern können, sind zuweilen so erheblichen Bahnveränderungen ausgesetzt, daß die Elemente der alten und neuen Bahn gar keine Ähnlichkeit mit einander besitzen. Indessen bestehen doch noch gewisse Beziehungen zwischen der früheren und der „gestörten“ Bewegung, die L. Schulhof in Paris mit großer Gründlichkeit untersucht hat.¹⁾ Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden; von allgemeinem Interesse dürfte hauptsächlich die Tabelle sein, in welcher die Annäherung der einzelnen Kometen an die Bahnen von Planeten ersichtlich gemacht ist. Dieselbe gibt die Bezeichnung der Kometen, Umlaufszeit in Jahren, kleinste Entfernung von der Planetenbahn (in Erdbahnradien ausgedrückt) und nebenbei auch noch die Planeten, denen sich ein Komet außerdem nähern kann (in Klammern die betreffende Distanz):

I. Merkur. ☿

Komet	Umlaufszeit Jahre	Distanz	Anderer Planeten
1883 II Noß	94?	0.033	4 (1.4)
1827 III Pons	2611	0.036	
1857 III Klinkerfues . .	7040	0.003	4 (0.94)

1) Bull. Astr. Bd. VIII, S. 147—157, 191—206, 225—251.

Komet	II. Venus. ♀		Andere Planeten
	Umlaufszeit Jahre	Distanz	
1812 Pons	72	0·076	♂ (1·2)
1857 IV Peters	235	0·023	
1845 III Colla	250?	0·031	♂ (0·05)
1858 VI Donati	1880	0·01	♂ (1·2)
1888 I Sawerthal	2182	0·027	
1857 V Klinkersues	2463	0·025	♂ (1·0)
1881 III Tebbutt	2954	0·008	
III. Erde. ♂			
1866 I Tempel	33	0·007	♂ (0·45) ♂ (0·4)
1862 III Tuttle	120	0·005	♂ (0·75)
1845 III Colla	250?	0·05	♀ (0·031)
1861 I Thatcher	415	0·002	♂ (0·03)
1846 VII Brorsen	500	0·057	♂ (0·043)
1854 IV Klinkersues	1309	0·016	♂ (0·13)
1880 IV Davidson	5127	0·04	
1763 Messier	7334	0·025	und 0·032
1680 Kirch	8810	0·005	♂ (0·4)
IV. Mars. ♂			
1867 I Coggia	34	0·021	♂ (0·05)
1846 VII Brorsen	500	0·043	♂ (0·057)
1887 II Brooks	794	0·07	♀ (1·5)
1846 I De Vico	2721	0·075	♀ (1·3)
V. Jupiter. ♃			
1858 I Tuttle	14	0·8	♂ (1·8)
1852 IV Westphal	61	0·4	
1815 Olbers	74	0·8	♂ (0·09)
1835 Halley	76	0·8	♂ (0·05) ♂ (0·05)
1847 V Brorsen	81	0·5	
1883 II Kof	94?	1·4	♀ (0·033)
1889 III Barnard	128	0·5	♂ (0·04)
1793 II Pesty	422?	0·6	
1854 III Winnecke	996	0·3	
1853 I Secchi	1215	0·85	
1854 IV Klinkersues	1309	0·13	♂ (0·016)
1785 V Méchain	1325	1·5	

Komet	Umlaufszeit Jahre	Distanz	Andere Planeten
1858 VI Donati	1880	1.2	♀ (0.01)
1769 Messier	2090	0.8	
1857 V Klinkersues	2463	1.0	♀ (0.025)
1881 VIII Swift	2740	0.46	♄ (1.2)
1811 I Flaugergues	3066	0.85	
1825 IV Pons-Biela	4470	0.9	
1871 I Winnecke	5200	0.1	♀ (0.04)
1857 III Klinkersues	7040	0.94	♀ (0.003)
1849 III Schweizer	8375	0.6	
1680 Kirch	8810	0.4	♃ (0.005)

VI. Saturn. ♄

1846 VI Peters	13	0.6	
1858 I Tuttle	14	1.8	♃ (0.8)
1866 I Tempel	33	0.45	♃ (0.007) ♄ (0.4)
1862 III Tuttle	120	0.75	♃ (0.005)
1840 IV Bremker	344	0.9	
1861 II Tebbutt	409	0.6	
1861 I Thatcher	415	0.3	♃ (0.002)
1811 II Pons	875	0.15	
1881 VIII Swift	2740	1.2	♃ (0.46)

VII. Uranus. ♅

1866 I Tempel	33	0.4	♃ (0.007) ♄ (0.46)
1867 I Coggia	34	0.05	♃ (0.021)
1812 Pons	72	1.2	♀ (0.076)
1846 IV De Bico	76	0.7	♀ (0.06)
1874 IV Coggia	306	0.04	
1855 I Schweizer	1059	0.24	
1840 II Galle	3790	1.4	♀ (1.3)
1858 VII Tuttle	6000?	0.56	♄ (1.0) ♀ (0.46)

VIII. Neptun. ♆

1853 II Schweizer	782	1.34	♃ (0.073)
1887 II Brooks	794	1.5	♃ (0.07)
1846 I De Bico	2721	1.3	♃ (0.075)
1840 II Galle	3790	1.3	♃ (1.4)
1858 VII Tuttle	6000?	0.46	♄ (1.0) ♃ (0.56)

Ueber Zusammenstöße und Theilungen planetarischer Massen hat Prof. Seeliger in München eine theoretische Untersuchung angestellt.¹⁾ Im „Jahrbuch“ 1891 S. 64 ist bereits erwähnt, daß nach Kreuz die Theilung des großen Kometen von 1882 auf eine relativ sehr unbedeutende Kraft zurückzuführen ist, indem die Kerne 1 und 4 nur eine Bewegungsdifferenz von 2.6 m auf 478 km besaßen. Es ist also nicht zulässig, an Explosionen im Kometen zu denken. Auch Seeliger findet diese ausgeschlossen, da sich sonst Reaktionen in der Bewegung der einzelnen Kerne hätten zeigen müssen, während diese jedoch genau dem Schweregesetz gehorchten. Aber auch bei den größten Kometen, an denen man großartige Kernausströmungen, Hüllen- und Schweifbildungen beobachtete (z. B. am Halley'schen, Donati'schen) hat die Bahnberechnung nie einen sicheren Beweis für Rückwirkungen der ausströmenden Materie auf die Bahnbewegung des Kernes geliefert, ein Zeichen, daß immer nur relativ geringe Kräfte bei den erwähnten Erscheinungen im Spiele waren. Prof. Seeliger glaubt daher, daß die Nebenkerne und Nebenkometen überhaupt sich nicht erst um die Zeit gebildet hätten, wo man sie zuerst sah, sondern daß sie schon früher, für uns unsichtbar, existirt hätten. Für den großen Kometen 1882 II ist diese Hypothese nun nicht zulässig, wohl aber hat man am Biela'schen Kometen 1846 und 1852 Erscheinungen beobachtet, die ihr nicht widersprechen: die eigenthümlichen Helligkeitsschwankungen der beiden Kerne, von denen abwechselnd der eine der hellste war und dann wieder der andere. Ähnliches wird wieder vom Brooks'schen Kometen 1889 V berichtet, so daß es allerdings scheint, als ob der Kometenmaterie zwar die Fähigkeit inne wohne zu leuchten, ohne daß sie auch wirklich jederzeit Licht entwickle.

Den Gegensatz zu den Theilungen von Massen bilden die Zusammenstöße. Prof. Seeliger geht insbesondere auf den Fall näher ein, daß ein Planet oder Komet mit Meteoriten zusammentreffe. Sind die Meteore, wie das ja von vorn herein wahrscheinlich ist, um die Sonne gleichmäßig vertheilt, so daß also in gleichem Abstand von der Sonne auf die Kubik-

1) Abh. d. bayr. Ak. d. Wiss. II. Cl. XVII. Bd. II. Abth.

meile überall die gleiche Zahl von Meteoriten kommt, so erleidet ein Planet oder Komet in seiner Bewegung eine Verminderung seiner Tangentialgeschwindigkeit, der Einfluß der Sonne, an sich constant, wird dadurch gewinnen und den Umlauf des Planeten beschleunigen. Der Ende'sche Komet zeigte eine solche Beschleunigung, die in verschiedenen Decennien ungleich war und namentlich jetzt nur etwa halb so groß ist als vor dreißig Jahren. Möglicherweise ist der Durchmesser des Kometen gegenwärtig kleiner als früher; dann würde er in der That einer kleineren Anzahl von Meteoriten begegnen können und bliebe somit weniger gestört als zur Zeit, wo er noch größer war. Absolut gleichmäßige Vertheilung der Meteorite dürfte übrigens nicht statthaben; es sind also auch Unregelmäßigkeiten in der Beschleunigung nicht ausgeschlossen. Auch die Acceleration des Mondes wurde schon durch die Meteortheorie zu erklären versucht. Der auf Erde und Mond fallende Meteorstaub muß die Massen und damit die gegenseitige Anziehung verstärken, was eine kürzere Umlaufszeit des Mondes bedingt. Dazu kommt der Widerstand selbst — analog wie beim Ende'schen Kometen — und endlich muß der Staub die Rotationsgeschwindigkeit der Erde annehmen, den Antrieb gibt die Erde natürlich selbst, wobei sie eben an eigener Rotationsgeschwindigkeit einbüßt; der Tag wird also in Wirklichkeit länger, uns scheint es dagegen, daß die Himmelskörper, namentlich der Mond rascher laufen. Es sind also drei Momente, die zusammen wirken, wenn der herabfallende Meteorstaub die Acceleration des Mondes erklären soll. Freilich wäre die erforderliche Quantität von Meteoriten ganz enorm groß, täglich etwa 7 Mill. Kubikmeter, und das ist nach Kleiber¹⁾ mindestens 50 mal zu viel. Nach Tisserand's neuesten Untersuchungen²⁾ über die Bewegung des Mondes scheint es allerdings beinahe, als ob der Theil der Acceleration, der bisher nicht erklärt werden konnte, überhaupt nur minimal sei; dann würde das Ergebnis von Seeliger erklärlich sein.

J. Tisserand³⁾ kommt bei der Betrachtung der Be-

1) Astr. Nachr. Bd. 111, S. 385.

2) Bull. Astr. 1891 Nov., u. Annuaire Bur. Long. 1892 Anhang B.

3) Bull. Astr. Bd. IX, S. 181.

dingungen, welche bei den Kometen erfüllt sein müssen, damit sie unter dem Einfluß der Sonnenattraction nicht zerfallen, zu dem Resultat, daß ein Komet von 6000 Meilen Durchmesser der Coma eine Masse besitzen müsse, welche mindestens der 300 000. Theil der Erdmasse sein würde. Bei gleicher Dichte wie die der Erde würde ein solcher Komet also eine Kugel von etwa 25 Meilen Durchmesser darstellen, somit den Planetoiden vergleichbar sein.

Barnard glaubt, daß sich die periodischen Kometen von kurzer Umlaufzeit nach ihren physischen Eigenthümlichkeiten in zwei Klassen theilen lassen. Zur ersten Klasse gehören die Kometen, welche groß und rund, im Allgemeinen verwaschen sind und nach innen allmählich heller werden, ohne einen eigentlichen Kern zu besitzen. Die am meisten charakteristischen Glieder dieser Gruppe sind der d'Arrest'sche Komet, der Swift'sche 1880 IV, Brooks' 1886 IV und der Swift'sche 1889 VI. Nur wenige Nebel haben ein ähnliches Aussehen. Viel zahlreicher, aber auch weit weniger scharf charakterisirt sind die Kometen der zweiten Klasse. Sie sind verhältnißmäßig klein, mit unbestimmter Helligkeit in der Mitte oder einem Kern, ein Aussehen, welches man auch bei vielen parabolischen Kometen und bei Hunderten von Nebeln antrifft, wenn man sie mit dem Teleskop beobachtet. Hierher gehört der Faye'sche Komet, der Wols'sche 1884 III, der Finlay'sche 1886 VII, der von Brooks 1889 V, der von Spitaler 1890 VII. Möglicherweise hängt das verschiedene Aussehen dieser beiden Klassen mit ihrem relativen Alter zusammen.

Eine eigenthümliche kometenähnliche Erscheinung wurde am 29. Oct. 1890 von Eddie beobachtet.¹⁾ Derselbe sah um 7^h 45^m einen 90 Grad langen Lichtstreifen von $\frac{1}{2}^{\circ}$ Breite, ähnlich einem Kometenschweife in Westen stehen und von da durch Süden in einer Höhe von 20^o bis 25^o über dem Horizonte nach Osten sich bewegen; der Weg war an 100^o lang. 8^h 32^m verschwand die letzte Spur am Südwesthimmel.

Eine ähnliche Erscheinung ist, wie H. Kreuz mittheilt,²⁾ von Messier in Paris am 3. Juni 1771 gesehen worden. Ein

1) Nature Nr. 1100 u. Astr. Nachr. Bd. 126, Nr. 3008, S. 123.

2) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3030, S. 93.

Lichtstreif von 25° Länge, an einem Ende ausgebreitet und verwaschen, am anderen in einem verdichteten Punkte endend, also ganz einem Komet gleichend, lief von α und β Gemino- rum gegen den Kopf des Löwen hin. Eigenthümliche Lichtwellen liefen vom Kernpunkte aus den Schweif entlang und zwar in ununterbrochener Folge. Die ganze Erscheinung dauerte nur eine halbe Stunde; das Object verschwand unmerklich.

Prof. J. G. Galle¹⁾ in Breslau spricht die Vermuthung aus, daß die Erscheinungen von Eddie und Messier als Schweifspuren großer Meteore zu deuten wären, deren schon viele lang andauernd sichtbar geblieben sind und auch am Himmel sich weiter bewegt haben.

Ebenfalls sehr merkwürdig ist ein Nebelfleck, den Dr. Max Wolf in Heidelberg im Verlaufe seiner Planetenphotographien am 19. und 20. März 1892 auf mehreren Platten fand.²⁾ Derselbe glich ganz einem Kometen mit 20' langem Schweife und besaß eine tägliche Bewegung von 7' nach Süden. Eine Reflexerscheinung ist nicht anzunehmen, es kann sich also nur um einen kleinen Kometen handeln. Am 22. März war er auf den Platten schon sehr schwach und als am 24. verschiedene Astronomen, z. B. Spitaler in Wien, mit dem 27-Zöller den Kometen suchten, fanden sie von ihm keine Spur mehr. Am 27. März machte Trépiéd in Algier noch einen Versuch, photographisch mit dem 50 cm-Teleskop das Object zu finden, doch gestattete die ungünstige Witterung nur 45 Minuten lang die Platte zu exponiren; es ist nichts von dem Kometen zu bemerken. Offenbar hatte dieser bei geringer Bahnneigung eine directe Bewegung, war ganz dicht an der Erde vorbeigegangen und lief nun hauptsächlich in der Gesichtslinie weiter, so daß seine Entfernung im Vergleich zu der am 19. März rapid wuchs und er schon nach wenigen Tagen unsichtbar werden mußte. Die südliche Bewegung ist durch die Aufnahmen ganz unzweifelhaft constatirt.

Fixsterne und Nebel.

Anzahl der Sterne. — Dr. Max Wolf hat auf drei photographischen Aufnahmen der Umgebung von Deneb (α Cygni)

1) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3035, S. 183.

2) Dies. Bd. 129, Nr. 3083, S. 181.

die Zahl der fixirten Sterne zu ermitteln gesucht, indem er quadratische Theile der Platten abzählte.¹⁾ 10 Theile betrafen Gegenden geringer Sterndichte, 10 andere Theile solche mit mittlerer und endlich 10 Theile Gegenden mit sehr großer Dichte. Die eine Platte war 1 Stunde, die anderen 3 und 13 Stunden lang exponirt gewesen. Die gefundenen Zahlen sind:

	1 ^h	3 ^h	13 ^h	
a)	230	512	1078	Sterne
b)	408	1168	2118	=
c)	919	1563	2704	=
Summa	1557	3243	5900	Sterne

Die durchschnittliche Dichte der Sterne beträgt somit für ein Quadrat (von etwa 20' Seitenlänge) in den drei Aufnahmen:

52 108 197 Sterne

und die Zahl der Sterne auf den ganzen Platten, die etwa 1000 solche Quadrate umfassen:

52000 108000 197000 Sterne.

Auf den Quadratgrad würden kommen:

467 973 1770 Sterne.

Die schwächsten Sterne, welche auf der 13stündigen Aufnahme zu sehen sind, mögen noch unter 15. Größe sein. Bei der langen Expositionszeit wurden nun durch die sehr große Kreise bildenden hellen Sterne noch zahlreiche schwache überdeckt; andererseits ist die Sternfülle an anderen Gegenden des Himmels weniger groß. Man könnte daher die am ganzen Himmel vorhandenen Sterne 1. bis 15. Größe auf etwa 60 Millionen schätzen (gegenseitiger mittlerer Abstand 1.5'), während es etwa 1 Million Sterne 1. bis 10. Gr. geben mag. Der größte Refractor der Welt, der 36-Zöller der Vichsternwarte müßte noch vier Größenklassen weiter reichen (bei gleicher Expositionszeit) und müßte, wenn die Sternzahl unter 15. Gr. in gleichem Verhältnisse anwächst, von 1. bis 19. Größe für den ganzen Himmel 1000 Millionen Sterne photographisch abbilden können.

Doppelsterne. — Im Frühjahr 1890 beobachtete Burnham den Siriusbegleiter, als die Distanz auf 4.2" herabge-

1) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3091, S. 322.

gangen war; im Herbst desselben Jahres war der Abstand bereits um so viel kleiner geworden, daß keine Vergrößerung des 36-zöll. Refractors den Begleiter mehr zeigte. Mehrere Jahre werden vergehen, bis derselbe wieder so weit aus den Strahlen des Hauptsternes hervorgekommen sein wird, daß Beobachtungen möglich sein werden. Burnham hielt es daher für angezeigt, für die erste Periode der Sichtbarkeit, seit Entdeckung derselben durch A. Clark 1862, die veröffentlichten Messungen zu sammeln und sich zunächst ein Bild zu machen, wie die Bewegung in der nächsten Zeit verlaufen wird.¹⁾ Eine eigentliche Bahnberechnung ist einstweilen noch nicht möglich, da der Positionswinkel sich in den vergangenen 28 Jahren noch zu wenig verändert hat (85° ; und zwar von 1862 bis 1882 um 42° , und dann in den letzten 8 Jahren um ebensoviel); auch würde sich die Mühe nicht recht lohnen, da nach Wiederauftauchen des Begleiters etwa um 1895, der Bogen bereits 270° betragen wird. Er constatirt nun, daß man die Umlaufszeit, für welche einige Berechner sehr unsichere Werthe abgeleitet hatten, aus den letzten Messungen nicht größer als 53 Jahre ableiten könne. Bekanntlich hatten C. A. F. Peters und A. Auwers noch vor Entdeckung des Begleiters aus der ungleichmäßigen Eigenbewegung des Sirius dessen Existenz bewiesen und seine Bewegung genau untersucht und hatten in naher Uebereinstimmung die Umlaufszeit zu 49 bis 50 Jahren berechnet.

Die Veröffentlichung der Burnham'schen Studie veranlaßte A. Auwers, seine früheren Untersuchungen über Sirius fortzusetzen.²⁾ Er verfolgt bei der Rechnung, zu der er auch noch mehr Messungen verwenden kann, als Burnham, ein wesentlich verschiedenes Verfahren, indem er den früher bestimmten Werth der Umlaufszeit, 49,4 Jahre unverändert beibehält und bloß die übrigen Bahnelemente verbessert. So erhält er folgendes System:

$$\begin{aligned} T &= 1893.615 \\ \Omega &= 37.512^{\circ} \\ \pi - \Omega &= 39.942 \\ i &= 42.427 \end{aligned}$$

1) Monthly Notices Bd. LI, S. 378—388.

2) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3084, S. 185—232.

$$e = 0.6292$$

$$a(1 + m) = 7''.568$$

$$U = 49.399 \text{ Jahre.}$$

Die Masse des Sirius ist 2,125 mal so groß, als die des Begleiters, wie sich aus der Vergleichung der Bahn mit den älteren Siriusbeobachtungen ergibt; denn für Sirius selbst ist (d. h. hier die mittlere Entfernung vom Schwerpunkte) $a = 2.4217''$, und die Massen müssen sich verhalten umgekehrt wie die Entfernungen vom Schwerpunkt, also $2.4217 : 5.1463 = 1 : m$.

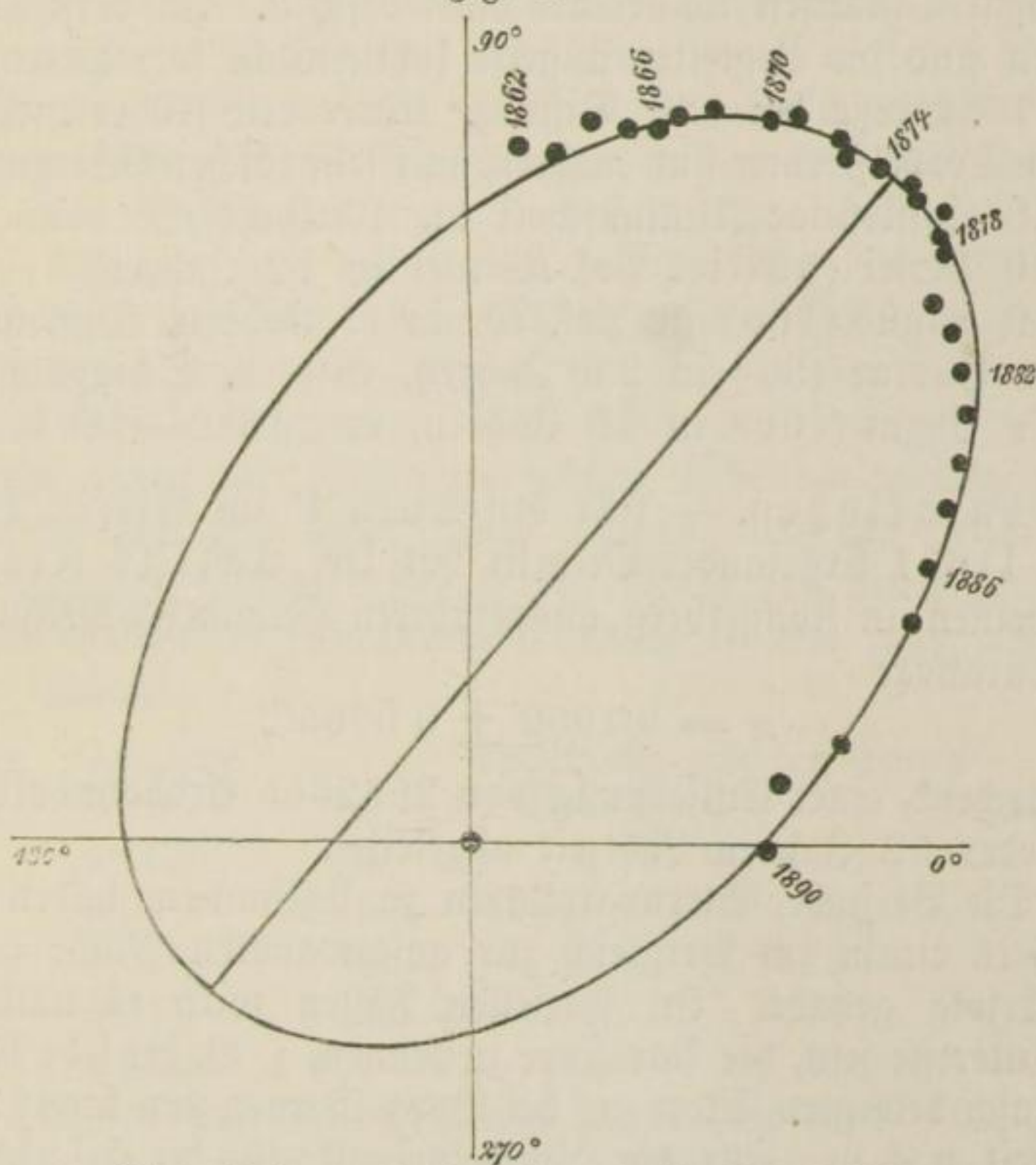
Die Siriusparallaxe ist nach Gill und Elkin $0.38''$; die Entfernung des Begleiters von Sirius ist also etwa 20 mal so groß als die Parallaxe, d. h. als der Abstand der Erde von der Sonne oder nahezu gleich der Entfernung des Uranus von der Sonne. Da bei diesem die Umlaufszeit 84, bei Sirius nur 49 Jahre beträgt und die Masse des Siriusystems zu dem des Sonnensystems umgekehrt wie die Quadrate der Umlaufzeiten sich verhält, also wie $84^2 : 49^2$, so ergibt sich die Gesamtmasse des Sirius $3\frac{3}{4}$ mal so groß als die der Sonnenmasse. Sirius selbst hat 2.2 mal und sein Begleiter 1.04 mal soviel Masse als die Sonne. Unsere Sonne würde, was nebenbei bemerkt sein möge, in der Entfernung des Sirius nur als ein Stern 3. oder 4. Größe für uns erscheinen; er wäre also etwa 80 mal schwächer als Sirius, dagegen 80 mal heller als der Begleiter. Man sieht aus diesen Zahlen wie wenig die Helligkeit im speciellen Falle ein Maaß für die wahre Größe eines Sternes ist.

Ein interessanter Doppelstern ist Aldebaran. Bereits J. Herschel fand in einem Abstand von 2' einen Stern 11. Größe (1836); die Messungen zeigen aber nach Burnham,¹⁾ daß er an der Eigenbewegung des Aldebaran nicht theilnimmt. Dagegen entdeckte Burnham selbst im Jahre 1877 in nur 31'' Distanz und 109° Positionswinkel einen Stern 12. Größe, der bis 1890 seine Stellung gegen den Hauptstern noch nicht verändert hat, also mit Aldebaran dieselbe Bewegung (jährlich $0.188''$ in der Richtung 164.4°) besitzt. Im Jahre 1888 erkannte Burnham, daß der Herschel'sche Begleiter selbst wieder doppelt ist ($2''$ Dist.).

1) Monthly Notices Bd. LI, S. 311.

Im Jahre 1880 bemerkte Burnham, daß der Hauptstern des Paares κ Pegasi ein sehr enger Doppelstern ist, von $0.27''$ Distanz. Der Stern ist sodann 1883 von Engelmann und seit 1888 von Burnham selbst wieder am Lickrefractor gemessen worden und zeigte sehr rasche Veränderung der Position. Aus den wenigen Beobachtungen läßt sich nun freilich noch keine genaue Bahn berechnen, doch scheint in der

Fig. 5.



Siriusbahn nach Burnham (vgl. S. 79, 80).

That die Umlaufszeit in diesem System kürzer zu sein, als bei irgend einem anderen Doppelsterne. Burnham findet sie nämlich gleich 11 Jahren.¹⁾ Die Extreme der Entfernung beider Sterne von einander sind $0.32''$ und $0.08''$. Der entferntere, von W. Herschel 1786 schon gesehene Stern verschiebt sich scheinbar geradlinig in Bezug auf den Hauptstern, so daß

1) Monthly Notices Bd. LI, S. 313.

es nicht sicher ist, ob er zu diesem in physischem Zusammenhange steht.

Zahlreiche Messungen von Doppelsternen hat Burnham im Jahre 1890 auf der Licksternwarte, meist am großen 36-Zöller ausgeführt.¹⁾ Er hat wieder eine Liste von 70 gelegentlich gefundenen neuen Doppelsternen aufgestellt; die Gesamtzahl der von ihm entdeckten Paare beläuft sich nun auf 1224. 39 unter diesen 70 haben Distanzen unter 1'', von welchen noch 25 sogar Distanzen kleiner als 0.5'' besitzen. In verschiedenen Fällen sind die Begleiter äußerst lichtschwach, so τ Herculis 4. und 14. Größe bei 6.6'' Distanz. Unter den früher entdeckten engen Doppelsternen sind mehrere mit sehr rascher Bewegung, so

48 Cassiopeiae (Umlaufszeit ca. 40 Jahre)

20 Persei (50° im Pos. Winkel in 12 Jahren)

9 Argus (160° im Pos. W. in 15 Jahren, Dist. 0.34'')

ϵ Hydrae (30° in 2.6 Jahren, entd. v. Schiaparelli)

τ Cygni (160° in 16 Jahren, von 1889—1891 24°).

Parallaxen. — Für den Stern P im Großen Bären (Nr. 11677 Argelander-Verzeichnis) hat Dr. Julius Franz²⁾ aus seinen in Königsberg ausgeführten Heliometer-Messungen die Parallaxe

$$\pi = 0.1002 \pm 0.0065'',$$

entsprechend einer Entfernung von 2062600 Erdbahnhalbmesfern oder 32 Jahren Lichtzeit abgeleitet.

Die Versuche, Sternparallaxen zu bestimmen, haben bisher stets einem im Vergleich zur angewandten Mühe geringen Erfolg gehabt. In speciellen Fällen wird es natürlich von Interesse sein, die Parallaxe zu kennen, z. B. bei sehr hellen oder rasch bewegten Sternen, bei Doppelsternen von kurzer Umlaufszeit u. s. w. Für die Himmelsphysik, für die Erforschung der Structur des Sternsystems genügt es aber, die mittleren Parallaxen der Sterne der verschiedenen Größenklassen zu kennen. Auf directem Wege dürfte die Bestimmung dieser mittleren Parallaxe, die von Gill, Elkin und Hartwig in Angriff genommen ist, kaum gelingen; daher hat Kleiber eine in-

1) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3047/48, S. 373.

2) Astron. Beob. der Universitäts-Sternwarte zu Königsberg, Bd. XXXVIII.

directe Methode näher geprüft, die eher zum Ziel führen dürfte.¹⁾ Wenn nämlich die Bewegungen der Sterne im Raume nach allen Richtungen beliebig vor sich gehen, so ist im Mittel anzunehmen, daß die Bewegungscomponente, welche in die Gesichtslinie fällt, gleich der Componente in der Richtung der Rectascension und der in Declination wird. Die Bewegung in der Gesichtslinie ergibt sich aus den Spektrallinien-Verschiebungen, und zwar direct ausgedrückt in Meilen. Ebenso viele Meilen wird durchschnittlich die scheinbare Fortrückung der Sterne am Himmel in Aufsteigung und Abweichung messen. Kleiber hat für die 22 Sterne, für welche in Scheiner's „Spektralanalyse der Gestirne“ die Bewegungen in der Gesichtslinie nach Potsdamer Messungen angegeben sind, die nöthigen Reductionen berechnet und findet, daß die Parallaxe der Sterne erster Größe $0.07''$ sein würde. Von anderen Erwägungen ausgehend haben früher Guldén u. A., auch Kleiber selbst etwas größere Werthe bekommen, man sieht aber soviel jetzt schon, und die Potsdamer spektrographischen Arbeiten werden dieses Resultat wohl nur unwesentlich ändern, daß im Mittel die Parallaxe der Sterne erster Größe wenig von einer Zehntelsecunde verschieden sein kann. Darnach erhielt man also folgende Tabelle:

Größe	Parallaxe	Entfernung von der Sonne				
1	$0.100''$	42	Bill. Meilen	oder	33	Lichtjahre
2	0.063	66	=	=	52	=
3	0.040	105	=	=	82	=
4	0.025	166	=	=	130	=
5	0.016	263	=	=	206	=
6	0.010	417	=	=	327	=

Messbar sind eigentlich nur Parallaxen über $0.04''$, also nur die mittleren Werthe für die Sterne 1. und 2. Größe, deren es aber so wenige sind, daß man aus den für sie erhaltenen Zahlen nicht viel wird schließen können. Es werden also fast ausschließlich abnorme Parallaxenwerthe sein, welche uns die jetzigen Messungsmittel zu liefern im Stande sind. Schon jetzt liegen einige Resultate vor, die kaum zu begreifen sind, z. B. die minimalen Parallaxen etlicher sehr heller Sterne.

1) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3037, S. 209.

Nach Elkin würde die Parallaxe des Arkturus nur $0.02''$ sein. Das Spektrum dieses Sternes ist dem unserer Sonne so ähnlich, daß die Temperatur und Helligkeitsverhältnisse von denen unseres Centralkörpers nur unerheblich verschieden sein können. Wäre letzterer so weit unserm Auge entrückt wie Arkturus nach obiger Parallaxe, so würden wir nur ein Sternchen 10.—11. Gr. vor uns sehen, rund 10000 mal schwächer als Arkturus. Daher muß dieser Stern, der eben nur an Größe von der Sonne verschieden sein kann, auch die 10000 fache Oberfläche, also den 100 fachen Durchmesser und, bei gleicher Dichte die millionfache Masse besitzen! Und dieser ungeheuerere Körper würde in der Secunde nicht weniger als 60 g. Meilen durchfliegen! Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß Keeler auf der Licksternwarte¹⁾ aus der Linienverschiebung im Spektrum des Arkturus die Geschwindigkeit desselben in der Gesichtslinie zu -6.4 km (Annäherung zur Sonne) bestimmte, während H. C. Vogel in Potsdam -7.1 ± 0.3 km bekommen hatte — eine wunderbare Uebereinstimmung.

Eigenbewegungen. — Eine Anzahl von Sternen mit großer Eigenbewegung ist von Bossert bei der Reduction der Pariser Meridianbeobachtungen gefunden worden.²⁾ Aus der Liste seien diejenigen hier angeführt, bei welchen die jährliche Bewegung $1''$ übersteigt:

Name	Gr.	AR.	Decl.	Bewegung
Lacaille 8760	7.8	$21^h 10^m$	$-39^\circ 17'$	$3'' 53$
A. + 59° Nr. 1915	8.9	18 42	$+59 27$	2.30
Weißer 592	8.9	5 26	$-3 41$	2.25
Lacaille 661	6	2 6	$-51 23$	2.17
Weißer 954	9	9 45	$-11 45$	1.76
Weißer 175	8	23 11	$-14 24$	1.30
A. + 5° Nr. 3993	9	18 52	$+5 48$	1.22

Der Stern B D + 25° Nr. 2874 (Gr. 9.5) hat nach B. v. Engelhardt eine sehr starke Bewegung.³⁾ Es liegt eine Bonner Beobachtung vom Jahre 1858 und eine Anzahl Mikrometermessungen von Engelhardt aus den Jahren 1887 bis

1) Publications of the Astr. Soc. of the Pacific Nr. 11.

2) Bull. Astr. Bd. VIII, S. 369.

3) Astr. Nachr. Bd. 123, Nr. 2935, S. 106 und Bd. 128, Nr. 3054, S. 123.

1891 vor, der den Stern an einen hellen Nachbarstern ange-
schlossen hat. Darnach beträgt die jährliche Eigenbewegung in
AR. — 0.066^s und in Decl. $+ 0.50''$ oder im größten Kreise
 $1.03''$. Der Ort des Sternes ist $15^h 2.6^m + 25^{\circ} 21'$.

Auf der Pariser Sternwarte hat H. Deslandres re-
gelmäßige Messungen der Bewegung der Fixsterne in der Ge-
sichtslinie mit Hilfe der Photographie der Spektren begonnen,
wobei er sich eines Foucault'schen Siderostaten bediente, der
das Licht in horizontaler Richtung auf ein Objectiv von 12
Zoll Oeffnung wirft.¹⁾ Dieses vereinigt die Strahlen zu einem
Bilde auf dem Spalte des Spektroskopes, das eine oder zwei
Prismen und Linsen von 64 cm Brennweite hat. Ober- und
unterhalb des Sternspektrums werden die Vergleichspektren
photographirt. Als solche werden die Funkenspektren von Wasser-
stoff, Calcium und Eisen verwendet. In Uebereinstimmung
mit Vogel hält übrigens auch Deslandres das Eisenspek-
trum wegen der großen Anzahl und Feinheit seiner Linien
für das vortheilhafteste, besonders für Untersuchung der weißen
Sterne des ersten Typus.

Eine der Pariser Akademie am 23. November vorgelegte
Photographie des Siriuspektrums und der Spektren der drei
genannten Elemente ließ im Spektrum des Sternes auf den
ersten Blick 4 Wasserstoff-, 2 Calcium- und 11 Eisenlinien
erkennen, und waren die Linien im Siriuspektrum nach der
Seite des Roth verschoben, entsprechend einer Bewegung des
Sternes von uns weg von 19 km in der Secunde. Bringt man
die Geschwindigkeit der Erde zur Zeit der Beobachtung (3. März
1891), die in derselben Richtung 20.2 km betrug, in Abrechnung,
so ergibt sich eine Annäherung des Sirius an die Sonne, die
1.2 km in der Secunde beträgt.

Veränderliche Sterne. — In Humboldt's Kosmos
III. Bd., S. 223 wird unter den „neuen“ Sternen ein im Jahre
1012 im Zeichen des Widders erschienener angeführt. Das Jahr
ist nach Schönfeld,²⁾ der sich auf Pertz' Chronologie in den
Monumenta Germaniae stützt, in 1006 zu verwandeln und
das Sternbild muß Skorpion gelesen werden, indem in der

1) Comptes rendus Bd. CXIII, S. 737.

2) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3034, S. 153.

Chronik des Barhebraeus, die Hauptquelle für das Faktum, offenbar ein Schreibfehler vorliegt. Dann stimmt auch die Bemerkung des Hepidannus in den *Annales Sangallenses*, daß der Stern jenseits aller Sternbilder im äußersten Süden stand, was auf den Widder nicht paßt. Im Skorpion sind noch erschienen die neuen Sterne von 134 v. Chr., 393, 827, 1203 und 1584 n. Chr., auch der von Auwers 1860 in dem Sternhaufen Messier Nr. 80 im Skorpion beobachtete neue Stern könnte hierher gerechnet werden.

Von neu entdeckten Veränderlichen seien erwähnt:

1. Rother Stern in der Giraffe:¹⁾ AR = $5^{\text{h}} 25^{\text{m}} 22^{\text{s}}$, Decl. = $+68^{\circ} 42.5'$ (1855.0); derselbe war am 14. Nov. 1887 8. Gr., zu verschiedenen anderen Zeiten jedoch nur 9. und 10. Gr. Es scheint auch ein ungewöhnliches Spektrum zu besitzen. Aufgefunden von Espin.

2. AR = $20^{\text{h}} 41.2^{\text{m}}$ Decl. = $-4^{\circ} 26'$ (1900) im Aquarius und

3. AR = $20^{\text{h}} 43.1^{\text{m}}$, Decl. = $+18^{\circ} 58'$ (1900) im Delphin zeigen nach Pickering²⁾ helle Wasserstofflinien; ersterer ist in Größen zwischen 8.6 und 9.6 photographirt, letzterer war im Maximum 8.6, im Minimum fehlte er auf verschiedenen Platten, welche Sterne 11. Gr. enthalten.

4. AR = $3^{\text{h}} 33.2^{\text{m}}$, Decl. = $+62^{\circ} 20'$, bekannt durch seine tiefrothe Farbe (Katalog der rothen St. von Birmingham-Espin Nr. 75) ist bereits früher als variabel angeführt worden; Krüger beobachtete ihn 6.6. bis 7.5ter Größe. Auf der Harvardsternwarte wurde er 1890 und 1891 regelmäßig photographisch verfolgt und Lichtschwankungen von mehr als einer Größenklasse constatirt.

5. AR = $4^{\text{h}} 26^{\text{m}} 4^{\text{s}}$, Decl. = $+65^{\circ} 53'$ (1855) von Espin als veränderlich erkannt.³⁾

6. AR = $19^{\text{h}} 51.8^{\text{m}}$, Decl. = $-42^{\circ} 7'$ (1900) im Sagittarius.⁴⁾ Auf den Spektralphotographien der Harvardsternwarte gefunden; die Wasserstofflinien sind hell.

7. AR = $22^{\text{h}} 24.7^{\text{m}}$, Decl. = $+39^{\circ} 48'$ (1900) (Ei-

1) *Astr. Nachr.* Bd. 126, Nr. 3023, S. 381.

2) *Dieß.* Bd. 127, Nr. 3025, S. 5.

3) *Dieß.* Nr. 2031, S. 111.

4) *Dieß.* Bd. 128, Nr. 3049, S. 11.

deckse)¹⁾ zeigte auf einer Spektralphotographie vom 6. Juli 1891 helle Wasserstofflinien und wurde deshalb näher auf Veränderlichkeit geprüft. Diese ließ sich in der That nachweisen, da der Stern am genannten Datum die Größe 8·8 besaß, dagegen am 6. Nov. 1889 schwächer als 12·9. Größe gewesen sein muß. (Harvardsternw.)

8. AR = $20^h 0.4^m$, Decl. = $+ 36^\circ 30'$ (1890), von Espin in den Größen 8·0 bis 9·2 beobachtet.²⁾

9. AR = $20^h 12.9^m$, Decl. = $+ 49^\circ 36'$ (1890); Espin sah ihn im Maximum 8·7 und im Minimum 9·6. Gr.²⁾

10. AR = $16^h 39.8^m$, Decl. = $+ 55^\circ 12'$ (1855), in der Bonner Durchmusterung 9·2. Gr., erschien Ende April 1892 von der Größe 7·3 und zeigte nach Espin ein Spektrum wie Mira Ceti.³⁾

W. L. Lynn gibt von den Helligkeitsbezeichnungen der beiden Sterne α und β Ceti folgende Uebersicht.⁴⁾ Im Almagest sind beide 3. Gr., Flamsteed und Hevel geben α um eine Klasse heller als β ; Bradley bezeichnet sie beide als 2.—3. und seit W. Herschel ist β bedeutend heller als α . Da Bayer bei der Benennung der Sterne dem hellsten in jedem Sternbilde den Buchstaben α beizulegen pflegte, so könnte man annehmen, daß auch Bayer α heller wie β sah. Helligkeitsänderungen des einen oder beider Sterne sind also nicht unmöglich.

Daß bei Algol die Helligkeit, von der Dauer des eigentlichen Minimums abgesehen, während der ganzen Periode constant sei, galt bisher als ausgemacht. Jedensfalls konnte das Gegentheil aus den vorliegenden Beobachtungen nicht erwiesen werden. J. Plafmann⁵⁾ hat nun aber 1890 und 1891 zahlreiche Helligkeitsschätzungen während der Dauer „gleichen Lichtes“ angestellt, und die Sterne α Persei, γ Andromedae und ϵ Persei als Vergleichsterne benutzt. Er findet nun im Gegensatz zur gewöhnlichen Annahme kleine Helligkeitsschwankungen angedeutet, welche zum Theil auf die Bedeckung des Begleiters

1) Astr. Nachr. Bd. 128, Nr. 3054, S. 121.

2) Dies. Nr. 3061, S. 235.

3) Dies. Bd. 129, Nr. 3090, S. 311.

4) The Observatory Bd. 15, S. 192.

5) Astr. Nachr. Bd. 126, Nr. 3016, S. 259, Bd. 127, S. 5 und „Beobachtungen veränderlicher Sterne“ Köln 1891, S. 19.

durch Algol selbst, theils auf Ebbe- und Flutherscheinungen in der Algolatmosphäre zurückzuführen wären. Es wäre also der Algolbegleiter nicht als absolut dunkel zu betrachten, er würde vielmehr auch noch ein, wenn auch geringes Leuchtvermögen besitzen. Bemerkenswerth ist noch, daß das secundäre Minimum etwas vor der Mitte der Periode eintritt und daß auch Schönfelds Beobachtungen (nach J. Scheiners „Untersuchungen über den Lichtwechsel Algols“) den Plafmann'schen Schlüssen nicht gerade widersprechen.

Auch bei λ Tauri, einem anderen Veränderlichen von Algoltypus, glaubt Plafmann ein secundäres Minimum nachweisen zu können (a. a. D.).

Ueber β Persei (Algol) hat S. C. Chandler eine sehr bedeutungsvolle Untersuchung zu Ende geführt, die speciell die Ungleichheit der Periode betrifft.¹⁾ Im Jahre 1784 dauerte letztere $68^h 48^m 59.42^s$; bis 1818 war sie um 1.23^s kürzer geworden und nahm von da an sehr rasch ab, so daß sie im Jahre 1858 nur noch $68^h 48^m 53.15^s$ betrug. Die folgenden Jahrzehnte brachten wieder eine kleine Verlängerung, die aber jetzt wieder in Verkürzung überzugehen scheint. S. C. Chandler erklärt diese Unregelmäßigkeit durch die Bewegung des Systems des Algol und seines nahen Begleiters um einen zweiten Begleiter oder richtiger gesagt um den Schwerpunkt, den das enge eigentliche Algolsystem mit einem weit entfernten dunkeln Stern gemeinsam hat. Das Algolminimum wird ja, wie seit Vogels spektralanalytischer Entdeckung feststeht, durch die Verdeckung Algols durch einen nur 700000 Meilen entfernten Begleiter bewirkt. Bleibt dieses Sternpaar immer in gleicher Entfernung von der Sonne, so sehen wir Minimum auf Minimum nach völlig gleichen Zeitintervallen folgen; das Licht, der Bote der Erscheinung, braucht stets dieselbe Zeit von Algol zur Sonne und der Umlauf der beiden Componenten darf sich nicht ändern (so lange keine äußere Kraft einwirkt). Entfernt sich Algol ganz gleichmäßig von uns, dann braucht das Licht bei jedem folgenden Minimum etwas länger Zeit, um zu uns zu gelangen, diese Verspätung bleibt aber immer die nämliche, d. h. wir bekommen

1) Astr. Journal, Bd. XI, Nr. 255 und 256. Vgl. auch Naturw. Rundschau Bd. VII, S. 197.

aus unseren Beobachtungen wieder eine constante Periode, die aber gegen die wirkliche zu lang ist, und zwar erscheint sie für je 40000 Meilen, die das Algolssystem während einer Periode von uns sich wegbewegt, um 1 Secunde zu lang. Umgekehrt bekommen wir eine zu kurze, aber gleichfalls stets constante Periode, wenn Algol sich uns gleichförmig nähert. Da nun die Periode aber in Wirklichkeit als nicht constant beobachtet wird, so ist auch die Bewegung Algols keine gleichförmige, sie ändert ihre Geschwindigkeit und Richtung und stellt also eine Bahnbewegung dar, in welcher der Umlauf 130 Jahre beträgt. Der Durchmesser der Bahn gleicht etwa dem der Uranusbahn und würde uns unter einem Winkel von $2.7''$ erscheinen; daraus folgt die Größe der Algolparallaxe gleich $0.07''$. Die Richtigkeit von Chandlers Hypothese muß sich daran erkennen lassen, daß der Ort der Algol sich in der That um $2.7''$ periodisch verschiebt. Chandler hat nun aus der Zeit von 1754 bis 1884 eine große Anzahl von Meridianbeobachtungen verglichen und weist nach, daß in der That eine gleichförmige Bewegung den Beobachtungen nicht entspricht. Hingegen sind die Restfehler, welche die Annahme der gleichförmigen Bewegung ergibt, sehr nahe eben so groß, als die von ihm bloß aus der Veränderlichkeit der Periode berechneten Ortsverschiebungen des Algol. Der unsichtbare Chandler'sche Begleiter könnte ziemlich weit entfernt stehen, wenn er eine kleine Masse besitzt; ist er nicht absolut dunkel, so wird es vielleicht noch mit einem der neuen Riesenteleskope gelingen, ihn aufzufinden.

Die Wichtigkeit von Chandlers Untersuchung beruht noch auf dem ferneren Umstande, daß fast sämtliche Veränderliche vom Algoltypus Schwankungen der Periode verrathen haben, so daß es wahrscheinlich wird, daß hier ganz eigenthümliche Sternsysteme von vielleicht zahlreichen Componenten existiren, von denen bloß einer uns sichtbar ist.

Unter den veränderlichen Sternen war bisher Algol der einzige, bei dem die Duplicität durch das Spektroskop hat nachgewiesen werden können. Denn die anderen als doppelt erkannten Sterne Spica, Mizar und β Aurigae sind nicht variabel, die Bahnen der Begleiter liegen gegen die Gesichtslinie schräg, so daß eine Bedeckung des Hauptsternes nicht eintreten

kann. Nunmehr hat Pickering¹⁾ aus den auf der Harvardsternwarte gewonnenen Photographen des Spektrums von β Lyrae den Schluß gezogen, daß auch dieser Stern doppelt ist. β Lyrae kann insofern als besonderer Typus der Veränderlichkeit gelten, als seine ganze Periode zwei Maxima und zwei Minima umschließt. Die Sterne, aus denen das System bestehen würde, sind beide hell, jedoch in ungleichem Grade; sie bedecken sich gegenseitig und rufen so die Minima hervor. Das Hauptminimum tritt ein, wenn der schwächere Stern den helleren bedeckt, im anderen Falle kommt das Nebenminimum ($\frac{1}{2}$ Größe heller, als jenes) zu Stande. Die Maxima sind natürlich einander gleich, weil uns jetzt beide Sterne voll ihr Licht zusenden. Daß wir in Wirklichkeit zwei Sterne vor uns haben, erkannte man auf der Harvardsternwarte an dem Umstande, daß die dunkeln Linien des Spektrums auf der einen Seite von hellen begleitet sind und daß die zwei Linienarten ihre gegenseitige Stellung im Laufe einer Periode regelmäßig vertauschen. In der Zeit vom Hauptminimum zum Nebenminimum stehen die dunkeln Linien auf der dem Blau zugekehrten Seite der hellen Linien, zwischen dem Nebenminimum und dem Hauptminimum, also in der zweiten Hälfte der Periode sind die hellen Linien gegen die dunkeln nach Blau verschoben. Das Hauptminimum würde also durch die Verdeckung des Sternes, in dessen Spektrum die Linien dunkel sind, durch den Stern, der helle Spektrallinien besitzt, erzeugt. Die Geschwindigkeit, mit welcher die beiden Sterne um einander laufen, ist sehr groß, 500 km in der Secunde; ihre gegenseitige Entfernung würde 800 Mill. km betragen, der Umlauf (= der Periode) dauert 12 Tage 22 Stunden. Aus diesen Zahlen würde folgen, daß die zwei Sterne zusammen 100 mal an Masse unsere Sonne übertreffen.

Noch auf eine andere Art von Doppelsternen ist man auf der Harvardsternwarte aufmerksam geworden.²⁾ Wenigstens glaubt Pickering, auf diese Weise die Eigenthümlichkeit mancher Sternspektra erklären zu sollen, in denen gewissermaßen zwei Typen vermengt vorkommen. Bei manchen Doppelsternen ist ein Component roth oder gelb, der andere blau; das Spektroskop zeigt,

1) Astr. Nachr. Bd 128, Nr. 3051, S. 39.

2) Dies. Bd. 127, Nr. 3034, S. 135.

daß ersterer zum zweiten, letzterer zum ersten Typus gehört. Ständen beide Sterne sehr nahe beisammen, daß kein Fernrohr mehr sie getrennt zeigen würde, so würden wir bei einem solchen Sterne ein Spektrum finden, das die Eigenschaften des I. und II. Typus zugleich besitzt. Da nun die beiden Sterne sich umkreisen, und sich auch ihre Entfernungen von uns ändern, wenn nicht zufällig die Bahn auf der Gesichtslinie senkrecht steht, so werden die Linien im einen Spektrum etwas gegen Roth, die des andern etwas gegen Blau verschoben sein. Als Beispiel wird Procyon (α Canis minoris) angeführt. Hier sieht man starke Wasserstofflinien, wie bei den Sternen vom I. Typus, und feine Metalllinien, wie beim Sonnenspektrum. Nun kennt man im Sonnenspektrum die Wellenlängen der Metall- wie der Wasserstofflinien sehr genau. Pickering nahm daher für Procyon die Wellenlängen der Metalllinien gleich denen im Sonnenspektrum an und maß die Abstände derselben gegen zwei Wasserstofflinien; so fand er jetzt die Wellenlängen der letzteren im Procyonspektrum und erkannte, daß gegen die Werthe beim Sonnenspektrum ein Unterschied von 0.03 Milliontel mm bestand. Darnach ist es allerdings nicht ausgeschlossen, daß ein kleinerer Stern dicht bei Procyon mit einer Geschwindigkeit von 20 km (in der Gesichtslinie) sich um diesen bewegt. Ähnliche Verhältnisse scheinen noch bei etwa 10 anderen Sternen unter den bisher untersuchten vorzukommen.

Wie oben erwähnt, hat uns Chandle's neue Untersuchung die Parallaxe Algols (0.07") kennen gelehrt, der erste Fall, daß wir etwas über die Entfernung eines der spektroskopischen Doppelsterne erfahren. Prichard hat neuerdings¹⁾ aus photographischen Aufnahmen die Entfernungen des Sternes β Aurigae von 2 Nachbarsternen gemessen und daraus die Parallaxe gleich 0.06", also nahe ebenso groß wie die von Algol, erhalten. Es sei daran erinnert, daß die zeitweilige Verdoppelung der Spektrallinien den Doppelsterncharakter von β Aurigae verrathen hat; die Umlaufszeit beträgt nach den Beobachtungen auf der Harvardsternwarte²⁾ 3 Tage 23 St. 36.7 Min., die größte Geschwindigkeit in der Gesichtslinie ist 28 Meilen

1) Monthly Notices Bd. LI, S. 310 und Astr. Nachr. Bd. 127 Nr. 3037, S. 201.

2) Sidereal Messenger 1891 Jan.

in der Secunde; darnach stehen die beiden Componenten, die nach Vogel an Helligkeit verschieden sind, da ihre Spektrallinien ungleiche Breite zeigen,¹⁾ mindestens 1.65 Mill. g. Meilen von einander entfernt, ein Abstand, der bei obigem Parallaxenwerth uns nur unter dem Winkel von 0.005'' erscheinen kann. Die Masse von β Aurigae ist etwa 3.8 mal so groß als die Sonnenmasse.

Arthur A. R a m b a u t hat den Versuch gemacht, die Form der Bahn von β Aurigae näher zu ermitteln.²⁾ Die Spektralaufnahmen, welche auf der Harvardsternwarte gewonnen sind, vertheilen sich auf die verschiedensten Punkte der Bahn; aus der Größe der Trennung der Doppellinien lassen sich die Geschwindigkeiten der zwei Sterne in den einzelnen Phasen ableiten und da zeigt es sich, daß die Geschwindigkeit in der Bahn veränderlich ist, in Folge einer Ellipticität der Bahn. Die Excentricität ist übrigens mäßig, etwa $\frac{1}{6}$ der mittleren Entfernung.

Von α Virginis (Spica) liegen aus dem Frühjahr 1891 neue Messungen der Linienverschiebung vor, die von Prof. Vogel ausgeführt sind. Die von Prof. Vogel im Jahre 1890 berechneten Elemente werden dadurch bestätigt. Die Entfernung der Componenten der Spica war damals gleich 679000 g. M. gefunden, die relative Bahngeschwindigkeit 12.3 Meilen und die Umlaufszeit 4 Tage 0 St. 19 Min. Beide Sterne zusammen enthalten die 3.6 fache Sonnenmasse; sollte man sie in einem der jetzigen Riesenrefractoren getrennt sehen, so müßte die Parallaxe von Spica etwa 2'' betragen, ein Werth, der mindestens zehnmal zu groß ist.

Nachdem die Spektraluntersuchungen von H. E. Vogel die Duplicität Algols sichergestellt und die Ursache des Lichtwechsels in der Bedeckung des hellen Sterns durch einen relativ dunkeln nachgewiesen hatten, konnte man mit großer Wahrscheinlichkeit die gleichen Verhältnisse bei anderen Sternen vom Algoltypus voraussetzen. Allerdings zeigten sich zuweilen sehr große Unregelmäßigkeiten der Periode, während doch in einem Doppelsystem der Umlauf constant oder gesetzmäßig veränderlich sein müßte. Ein Beispiel eines solchen schwer erklärbaren Licht-

1) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3039, S. 254.

2) Monthly Notices Bd. LI, S. 316 ff.

wechsels bot der 1886 von S. C. Chandler entdeckte Y Cygni, dessen Periode ungefähr 1.5 Tage beträgt, wogegen die Beobachtungen oft um mehrere Stunden abweichende Minimazeiten ergaben. Dunér hat nun ¹⁾ den wahrscheinlichen Grund der Hauptunregelmäßigkeit darin gefunden, daß man die Periode doppelt so groß zu nehmen hat, als das bisher geschah. Das eine Minimum entsteht durch Bedeckung des Sternes A durch den Begleiter B, das andere durch die Bedeckung von B durch A. Die Bahn, welche B um A beschreibt ist elliptisch, etwa wie die Marsbahn; das Perihel fällt zwischen zwei Minima, das Aphel zwischen das zweite dieser Minima und das erste der folgenden Periode. So wird die ganze Periode durch das Nebenminimum in zwei ungleiche Theile getheilt, deren Länge

I. 32 St. 32 Min. 38 Sec.

II. 39 St. 22 Min. 6 Sec.

beträgt, so daß also die ganze Periode 2 Tage 23 St. 54 Min. 44 Sec. umfaßt. Es bleiben nun nur noch geringe Fehler übrig, die auch unverkennbar ein gewisses Gesetz befolgen, das auf das Vorhandensein eines dritten störenden Körpers schließen läßt.

Auch in anderen Fällen mögen die wahren Umläufe eine doppelte Periode umfassen, so wohl auch bei dem so rasch periodischen Sterne S Antliae (vgl. Jahrb. 1891 S. 86), bei dem alsdann der Umlauf $15\frac{1}{2}$ Stunde dauern könnte, womit auch die sonst nöthige Annahme ganz besonderer Verhältnisse und abnormer Beschaffenheit wegsallen kann.

Die Harvardphotographien haben noch zur Entdeckung der folgenden zum V. Typus nach Pickering gehörenden Sterne geführt, deren die Liste im Jahrb. f. 1891 S. 97 im Ganzen 33 aufzählte:

Nr.	Stern	Rectasc.	Decl.	Gr.	Galact. Länge	Galact. Breite
34	Cord. Zonen 15 ^h 934	15 ^h 15.9 ^m	— 62° 20'	9.	287° 4'	— 5° 34'
35	unbezeichnet	13 36.3	— 66 55	10.	275 30	— 5 31

Auch diese Sterne stehen also ganz nahe bei der Mittellinie der Milchstraße.

1) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3091, S. 313.

Im vorigen Jahrg. dieses Jahrbuchs, S. 102 ist der auf der Sternwarte zu Sydney aufgenommenen Sternphotographien gedacht worden, welche Russell der Astronomischen Gesellschaft in London geschickt hat. Bei diesen Photographien waren die Bilder der Milchstraße in der Umgebung von η im Schiff Argo trotz dreistündiger Dauer der Aufnahmen nicht lange genug belichtet. Russell hat nun später eine neue Reihe von Abbildungen gesandt, welche durch achtstündige Belichtung erhalten worden sind und auf denen die Gegend um η ein ganz anderes Aussehen hat als auf den früheren. Insbesondere erscheint der Nebel um η im Schiff viel heller und es sind mehr Einzelheiten in demselben erkennbar. Die äußeren Windungen desselben erstrecken sich weiter als auf irgend einem der früheren photographischen Bilder oder auf einer Zeichnung. Der große Spalt, welcher den Nebel theilt, scheint seinen Anfang in einem ovalen dunkeln Raume zu haben und geht von da aus nach oben und nach der vorangehenden Seite zunächst zwischen zwei sehr deutlichen Sternhaufen hin, geht dann an einem dritten Haufen an der linken Seite vorüber und wendet sich bei einem vierten Haufen nach links. Er erstreckt sich also nach dieser Richtung hin viermal so weit als ihn Sir John Herschel am Cap gesehen, wogegen seine Ausdehnung von dem Spalt in der Nähe des dunkeln Ovals ausgehend nach Süden dieselbe ist wie bei Herschel. Im dunkeln ovalen Raume selbst, welcher nahe dem südlichen Ende des Nebels liegt, war auch bei langer Belichtung keine Spur von Nebel zu erkennen.

Merkwürdigerweise ist dieses große dunkle Oval von Herschel nicht bemerkt worden, vielmehr lag nach seiner Angabe gerade an dieser Stelle einer der hellsten und auffallendsten Theile des Nebels, von dem er deshalb eine genaue Beschreibung gegeben hat, weil er ihn für den am leichtesten aufzufindenden Theil des Nebels hielt. Russell hat aber schon 1871 bei der optischen Untersuchung des Nebels diese Partie nicht zu erkennen vermocht, und da sie auch auf den Photographien, selbst nach achtstündiger Belichtung fehlt, so ist kaum daran zu zweifeln, daß ein wohlbegrenzter heller Theil des Nebels im η im Schiff zwischen den Jahren 1837 und 1871 verschwunden ist. Auch im südlichen Theile des Nebels zeigen übrigens die Photographien viermal so viel Sterne als Herschel angegeben hat und

noch mehr. Auch ist der große Spalt, welcher nach Herschels Darstellung die Milchstraße im Schiff durchsetzt, auf den Platten, welche Theile desselben enthalten, mit ebensoviel Sternen erfüllt, wie die übrige Milchstraße. Die dem Auge dort erscheinende Lücke ist also in Wahrheit nicht vorhanden.

Burnham erwähnt, ¹⁾ daß die planetarischen Nebel die eigentlich zur Klasse der Ringnebel gehören, fast ausnahmslos einen centralen Stern besitzen, der aber meistens so lichtschwach ist, daß er nur in den größten Instrumenten sichtbar wird, ähnlich wie das für den Kern des Ringnebels in der Leier zutrifft. Scheiner in Potsdam ²⁾ konnte diese Ansicht an den planetarischen Nebeln h 2098 und h 2241 auf photographischem Wege bestätigen. Der letztere Nebel hat weder auf der Zeichnung von Rosse, noch der von Vogel einen Centralstern, wohl aber h 2098, wo Rosse einen wirklichen Stern, Vogel einen schwachen Streifen im Centrum sah. „Die photographischen Aufnahmen weisen nun in beiden Nebeln einen centralen Kern auf, der beträchtlich heller ist als die hellsten Theile des Ringes und im völligen Gegensatz zu dem directen Anblick im Fernrohre die hellste Stelle des Nebels darstellt.“ Es handelt sich übrigens nicht um eigentliche Sterne, sondern nur um nebelige Verdichtungen von unregelmäßiger Form. „So gehen von dem Nebelcentrum in h 2098 Streifen aus, welche die Form eines X bilden, bei h 2241 ist der Kern länglich und durch neblige Ansätze mit dem äußeren Ring verbunden“. Der Kern wird also höchst wahrscheinlich von einem Gas gebildet, das nur Lichtstrahlen von kurzer Wellenlänge aussendet; dieses Gas ist relativ in größerer Menge im Nebelcentrum als in dem umgebenden Ring vorhanden, vielleicht in Folge eines größeren Atomgewichtes.

Die Photographie hat bei Anwendung von Objectiven mit kurzer Brennweite die Existenz weit verbreiteter Nebelmassen in mehreren Fällen nachzuweisen erlaubt. Zur photographischen Durchmusterung des südlichen Himmels hatte Pickering eine astronomische Station zu Chosica in Peru errichtet. Dasselbst wurde im Jahre 1890 eine Aufnahme der Umgegend des

1) Monthly Notices Bd. LII, Nov.

2) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3086, S. 239.

großen Orionnebel mit Hilfe einer Porträtlinse gemacht. Die Ausdehnung, welche hier der Nebel zeigt, ist beinahe unglaublich groß; er reicht östlich weit über den Stern α Orionis hinaus und läßt sich westlich bis β Orionis und β Eridani verfolgen. Zweifellos hängt er auch mit dem von Max Wolf photographirten Nebelmassen um ζ Orionis zusammen (vergl. Jahrbuch 1891 S. 101) und stellt somit ein Gebilde dar, das in kosmogonischer Beziehung jedenfalls von allergrößter Bedeutung ist. Er bedeckt eine Fläche, die einen großen Theil des Orion und angrenzender Sternbilder enthält und es bietet sich sofort von selbst die Frage dar, ob die Fixsterne in jenen Regionen mit dem Nebel in Verbindung stehen. Das scheint in der That der Fall zu sein; in den helleren Sternen des Orion haben die spektrographischen Untersuchungen von H. C. Vogel eine im Sonnenspektrum ganz fehlende Linie ergeben, deren Wellenlänge $447.136 \mu\mu$ (Milliontel Millimeter) beträgt, und zwar kommt diese Linie unter allen untersuchten Sternen nur bei den Orionsternen und außerdem noch bei Algol vor. Sie findet sich aber gerade wieder im Orionnebel selbst, dessen Spektrum nach Huggins zunächst auch den Sternen des Trapezes zukommt, da die Sternlinien sich beiderseits über das Sternspektrum hinaus fortsetzen und sich erst in den von den Trapezsternen entfernteren, dünneren Nebelpartien verlieren. Wir müssen also wohl einen Zusammenhang annehmen nicht bloß zwischen dem Trapez und dem es umgebenden Nebel, sondern auch mit den meisten der Sterne im Orion, bei denen bereits früher Secchi und Vogel das Vorherrschen des I. Spektraltypus erkannt hatten. Wenn wir die Entfernung dieses ganzen Stern- und Nebelcomplexes ermitteln könnten, so würden wir auch einen Begriff über seine wahre Ausdehnung gewinnen. Nun haben Gill in der Capstadt und Schur in Göttingen Messungen der Parallaxe von β Orionis, der zu dem Nebel gehören müßte, an ihren neuen Heliometern angestellt. Der Unterschied der Parallaxe gegen die der Nachbarsterne war aber unmerklich klein; ob nun β Orionis und damit auch der ganze Orionnebel wirklich mindestens 20 mal so weit von uns absteht als der nächste Fixstern α Centauri, oder ob die verglichenen Nebensterne mit β in gleicher Distanz von uns sich befinden, ist vorläufig nicht zu entscheiden, doch möchte letzte-

res wahrscheinlicher sein. Es müßten dann Sterne mit anderem Spektrum als Vergleichsobjecte zur Entfernungsmessung ausgesucht werden, denn nur von solchen Sternen könnte man von vorn herein annehmen, daß sie vor oder hinter den Orionnebel stehen und nicht in demselben. Nun gibt es allerdings noch die Möglichkeit, die Parallaxe aus Meridianbeobachtungen auf absolutem, von den Stellungen der Nachbarsterne unabhängigem Wege zu bestimmen. Zwar scheint eine solche Untersuchung für β Orionis noch nicht vorgenommen zu sein, indessen wäre eine Parallaxe von der Größe wie die von α Centauri kaum unbemerkt geblieben. Wir dürfen daher schließen, daß in der Entfernung des Orionnebels der Erdbahnradius höchstens $0.75''$ umfaßt und daß also der Nebel selbst — dessen Dimensionen in einzelnen Richtungen über zehn Grade betragen — wenigstens eine Ausdehnung von 50000 Erdbahnradien, d. i. ein Siebentel der Entfernung von α Centauri von uns besitzen müßte. Wahrscheinlich ist er aber über zehnmal weiter entfernt, entsprechend müßten dann auch seine Dimensionen wachsen.

Ueber einen ähnlichen großen Nebel im Schwan schreibt Max Wolf¹⁾: Um die Gegend $\alpha = 20.9^h \delta = +44^\circ$ gruppiert sich ein sehr großer, äußerst fein gezeichneter Nebel, dessen hellste Partien bisher als G. C. 4621 bekannt waren. Dieser Nebel setzt sich ziemlich hell nach allen Seiten hin fort. Nach Osten und Norden dringt er mindestens 8 Grad weit in die Gegend der dichten Sternwolken der Milchstraße und umhüllt dieselben in augenscheinlichem Zusammenhange. Er scheint sich aber noch viel weiter nach Osten fortzusetzen. Nach Westen zwischen den Sternen 57 und 55 Cygni und nördlich von letzteren in großem Bogen herumziehend, nähert er sich dem Sterne α Cygni (Deneb) und umschließt diesen Stern. Ein südlicher Ast, der seine stärkste Verdichtung bei den Sternen 56 und 57 hat, nähert sich Deneb von Südosten her. Nördlich von Deneb über die Sterne 51, ω hin, sowie ebenso weit gegen Westen und Süden lassen sich in continuirlichem Zuge deutliche, diffuse Nebelmassen verfolgen, die gegen γ Cygni hin wieder dichter werdend in kräftige Nebelmassen übergehen, die diesen Stern

1) Astr. Nachr. Bd. 127, Nr. 3048, S. 427.

Jahrb. der Erfindgn. XXVIII.

weithin umgeben. Diese Resultate zeigen, wie mehr und mehr ein Zusammenhang zwischen den hellen Sternbildern — Schwan, Orion — in sich und mit der Milchstraße wahrscheinlich wird.

Einen anderen ausgedehnten Nebel hat F. S. Archenhold am 27. Oct. 1891 und einigen späteren Nächten in der Nähe von ξ Persei photographirt.¹⁾ Der benutzte Apparat trägt ein Objectiv von 8 cm Oeffnung und nahezu 20 cm Brennweite. Die Längenausdehnung des Nebels beträgt etwa 3 Grad in der Richtung von Südost nach Nordwest. Am Südostende beträgt die Breite $\frac{1}{4}^{\circ}$, weiterhin folgt eine deutliche Einschnürung, während die Breite des übrigen Theiles bis zu $\frac{3}{4}$ Grad anwächst. In Größe und Struktur zeigt dieser Nebel viele Ähnlichkeit mit dem Andromedanebel; auch ist seine photographische Wirkung nicht geringer als die des letzteren, abgesehen von der Kernpartie. Dagegen ist er direct sehr schwer sichtbar, im 12zölligen Refractor der Urania Sternwarte in Berlin konnte man ihn eben vermuthen. Sein Licht besteht also hauptsächlich aus blauen und violetten Strahlen, die rothen und gelben fehlen. Auf einer gelbempfindlichen Platte war in der That auch kein Bild zu erhalten.

Nach dem veränderlichen Nebel von Hind im Stier²⁾ (vgl. Jahrb. 1891 S. 106) suchte Burnham mit dem 36zöll. Vicrefractor und fand ein Object, das ein kleiner Stern der Größe 12.5 inmitten eines sehr kleinen condensirten Nebels zu sein schien. Dieser Nebel war in der Richtung 151.7° verlängert, er maß in dieser Richtung $4.4''$. Von Burnham aufgefordert machte Isaac Roberts eine dreistündige photographische Aufnahme,³⁾ ohne jedoch die geringste Andeutung von Nebel darauf entdecken zu können. Da er gegenüber Burnhams Beobachtung Zweifel nicht hegen kann, so hält er rasch vor sich gehende Veränderungen für wahrscheinlich. Barnard hatte noch die Nachbarschaft des Hind'schen Nebels (d'Arrest's Position desselben ist identisch mit der des Veränderlichen T Tauri) abgesucht und entdeckte $\frac{3}{4}'$ von T entfernt einen äußerst schwachen runden Nebel von $40''$ bis $50''$ Durchmesser, der offenbar mit T nicht im Zusammenhang steht. Sonst war nichts nebliges zu finden. Keeler untersuchte

1) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3082, S. 153.

2) Monthly Notices Bd. LI, S. 94.

3) Dies. S. 440.

das Spektrum des Sternes T, fand aber, wegen der geringen Helligkeit nur die Linie $\lambda = 500.5 \mu\mu$, die bekannte Nebellinie.

Die Deutung dieser Linie bildete lange Zeit eine Streitfrage; Lockyer nahm zur Stütze seiner Sterntheorie, in der die Meteoriten eine Hauptrolle spielen, an, sie sei der allein sichtbar gebliebene hellste von einer aufeinanderfolgenden Reihe Streifen, aus denen sich eine Bande des Magnesiumspektrums zusammensetzt. Gegen diese Ansicht sprachen aber die in den letzten Jahren von Huggins mit sehr feinem Apparate, sowie die von Keeler am 36-Zöller der Licksternwarte angestellten Messungen der Wellenlänge,¹⁾ die mit der hellsten Säule des Magnesiumbandes nicht übereinstimmten, sowie das beiderseits scharfe Aussehen der Linie, die bei Lockyers Hypothese einseitig verwaschen sein müßte. Nun hat auch Kavasgee D. Naegamvala in Poona die Linie an einem 16zöll. Grubb'schen Refractor und mit vier verschiedenen Spektralapparaten sorgfältig geprüft.²⁾ Nirgends eine Spur von Cannelirung. Die Linie war sehr scharf und glatt begrenzt beiderseits und wenn je in Folge ungünstiger Luft Verwaschenheit eintrat, so geschah dies ganz gleichmäßig auf beiden Seiten. Verbreiterung des Spalts bewirkte auch eine Verbreiterung der Linie und zwar wieder in gleichem Maße nach beiden Seiten. Daher kommt Naegamvala zu der Ueberzeugung, daß die Linie sicherlich verschieden ist von irgend einem Theile der Magnesiumbande.

Zu den veränderlichen Nebeln ist nach Dreyer³⁾ vielleicht auch der von Swift am 23. Dec. 1889 gesehene, später nicht wiedergefundene und daher für einen Kometen gehaltene Nebel in der Position $3^h 36^m - 5^{\circ} 2'$ zu rechnen. Er stand als erster mit zwei anderen in gerader Linie und ist gesehen 1827, 1848, 1850, 1851, 1856 und 1889, nicht gesehen 1785, 1855, 1864, 1865, 1872, 1875, 1877 und 1890, trotzdem gerade zu den beiden letztgenannten Zeiten eifrigst nach ihm gesucht wurde. Wahrscheinlich ist es außerdem, daß auch d'Arrest 1864 und 65 vorsätzlich den Nebel suchte ohne ihn zu finden.

Der neue Stern in Auriga (Fuhrmann). — Zu Anfang Februar 1892 wurde von der Sternwarte Edinburgh

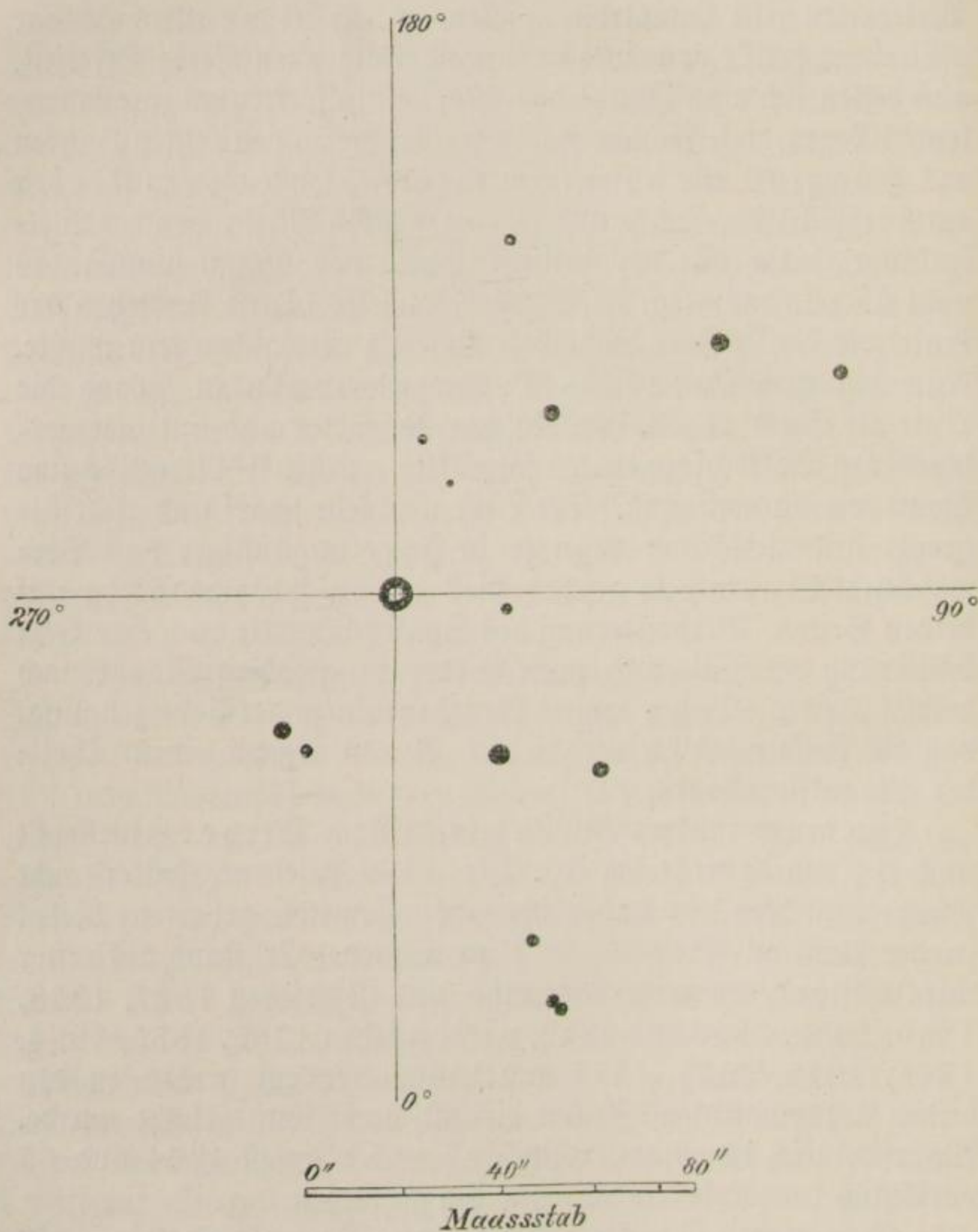
1) Proc. Royal Soc. XLIX, S. 399.

2) Monthly Notices Bd. LI, S. 442.

3) Dies. Bd. LII, S. 100.

die Nachricht verbreitet, daß im Sternbilde Auriga, zwei Grad südlich von χ Aurigae, ein neuer Stern 5. Größe erschienen sei.

Fig. 6.



Die Sterne in der Umgebung des „neuen Sternes“ im Fuhrmann nach Burnham's Beobachtungen am 36zöll. Lidrefractor. Monthly Notices Bd. LII, Taf. II (S. 436).

Die Nachricht stammte ursprünglich von Dr. Thomas D. An =

der son,¹⁾ der den Stern bereits am 23. Jan. 14^h Greenw. Z. gesehen, aber für den Stern 26 Aurigae gehalten hatte. Letzterer ist allerdings 6. Gr., und die Nova erschien 5., so hell oder eine Kleinigkeit heller als γ . Am 30. Januar erkannte er die Verschiedenheit. Die Geschichte dieses neuen Sternes ist insofern ganz besonders interessant, als sie die Bedeutung der Photographie für die Astronomie in helles Licht setzt. War es bei dem Stern von 1866 in der Krone nur möglich, ihn als Stern 9.5. Gr. in der Bonner Durchmusterung nachzuweisen, und waren bei den zwei neuen Sternen 1876 (Schwan) und 1885 (Andromedanebel) überhaupt Nachrichten früherer Existenz nicht vorhanden, so haben diesmal die photographischen Arbeiten der Harvardsternwarte ein reiches Material für die Vorgeschichte des Sternes im Fuhrmann geliefert.²⁾ Die Umgebung der Nova ist nämlich an dem Szöll. Bache-Teleskop 10 mal aufgenommen vom 5. Nov. 1885 bis zum 2. Nov. 1891. Keine der Platten zeigt am Orte der Nova einen Stern, trotzdem sonst die Sterne bis zur 11. Gr. abgebildet sind. Dagegen ist die Nova auf einer mit diesem Instrumente am 16. Dec. 1891 gemachten Aufnahme zu sehen. Eine andere Reihe von Aufnahmen wird auf der Harvardsternwarte seit einiger Zeit noch gemacht, um die Sterne bis zur 6. Gr. beständig zu überwachen. Eine Doppellinse von Voigtländer (5zöllig) wird automatisch auf die verschiedenen Partien einer 3 Stunden in Rectascension und den Raum von 30° unter dem Nordpol bis 30° südl. Declination umfassenden Himmelsfläche gerichtet; die Aufnahme jeder einzelnen Partie dauert 2 Sec. So wird jede Nacht ein großer Theil des Himmels photographirt und auf diesen Platten ist nun die Nova schon am 10. Dec. zu finden, während sie auf einen Photographen jener Gegend vom 1. Dec. noch nicht enthalten ist, also noch unter 6. Gr. war. Pickering ließ nun die Helligkeit des Sternes auf den verschiedenen Aufnahmen ausmessen; dies geschah durch Mr S. Fleming und zwar für jede Platte mit einer Genauigkeit von ± 0.05 Größenklassen. Dadurch wurde die nachfolgende Helligkeitstabelle der Nova „vor ihrer Entdeckung“ gewonnen. Zuvor sei jedoch noch erwähnt, daß Max Wolf in Heidelberg am 8. Dec. 1891 eine

1) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3077, S. 75.

2) Astronomy and Astrophysics Nr. 103, S. 228 und Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3079, S. 111.

Aufnahme der Gegend der Nova gemacht hat, die Sterne 8. Größe enthält, auf der die Nova aber noch fehlt; ¹⁾ somit wissen wir bestimmt, daß sie am 2. Nov. 1891 noch schwächer als 11. Gr., am 8. Dec. noch unter 8. Gr. war, während nun die Helligkeit rapid zunahm.

10. Dec. 1891 Gr. =	5·37	30. Dec. 1891 Gr. =	4·60
11. = =	5·33	5. Jan. 1892	4·58
13. = =	5·22	8. = =	4·72
17. = =	4·67	9. = =	4·67
18. = =	4·46	16. = =	4·96
23. = =	4·55	20. = =	5·23

Der Stern war also bereits wochenlang dem freien Auge sichtbar, ohne bemerkt zu sein; er hatte sein Helligkeitsmaximum schon um den 20. Dec. herum erreicht, wo er 4·4. Größe war. Sehr bemerkenswerth ist nun die langsame Helligkeitsabnahme die aus obigen und den nachher in großer Zahl gemachten Beobachtungen hervorgeht, unter denen wir hier nur einen kleinen Theil anführen können: ²⁾

2.—4. Febr.	5·5?	verschiedene Beob.
8.	= 5·2	Archenhold
9.	= 5·4	Arch., Rohrbach
13.	= 5·5	Arch., Ro., Plafmann
14.	= 5·2	Arch., Reichwein.
15.	= 5·4	Pl., Ro.,
16.	= 5·6	Pl. Re.,
17.—19.	= 5·4	Pl., Ro., Re.,
20.—24.	= 5·6	nach Pl. und Re.,
21.—25.	= 5·5	nach Rohrbach.

Die verschiedenen Angaben stimmen meist recht befriedigend unter einander, namentlich lassen die einzelnen Reihen kaum einen Zweifel darüber, daß in der Helligkeit nicht unerhebliche Schwankungen von mehreren Zehntelklassen vorgekommen sind. Dieser Ansicht sind noch Dunér, ³⁾ Parhurst, ⁴⁾ Müller (Potsdam) ⁵⁾ u. A.; die Nova zeigte Helligkeitszunahme oder Maxima

1) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3077, S. 79.

2) Dies. Nr. 3076 und 3077.

3) Dies. Nr. 3076, S. 62.

4) Astr. Journal Bd. XI, Nr. 262.

5) Astron. Nachr. Bd. 129, Nr. 3083, S. 177.

am 3. Febr. (gegen den 2.), am 14. Febr., auffallend am 17. bis 19. Febr., sodann wieder in den ersten Tagen des März. Von da an aber erfolgte eine stetige, sehr rasche Abnahme, die den Stern schon in wenigen Wochen für mittelgroße Fernrohre unsichtbar machte. Aus dem März seien folgende Beobachtungsreihen von Parhurst und Müller (a. a. D.) angeführt:

	Müller (Potsdam)	Parhurst (Brooklyn)
	2. März Gr. = 5.4	3. März Gr. = 5.7
	3. = 5.65	6. = 5.8
	4. = 5.7	7. = 6.0
	9. = 6.8	9. = 6.7
	13. = 8.0	13. = 7.6
	16. = 8.7	16. = 8.6
	17. = 9.1	19. = 10.0
		21. = 10.6
		24. = 11.8
		29. = 13.3

P. Denza, Director der Vaticanischen Sternwarte, photographirte die Nova ¹⁾ noch am 23. März, erhielt aber nur den Eindruck eines Sternes der 12. Größe.

Selbstverständlich wurden in der Zeit der größeren Helligkeit der Nova, im Februar, alle Hilfsmittel angewendet, um das Spektrum genau zu erforschen. Henry Crew, ²⁾ Huggins, ³⁾ Lockyer, ⁴⁾ Gothard, ⁵⁾ Konkoly, ⁶⁾ Pickering, ⁷⁾ H. C. Vogel ⁸⁾ und zahlreiche andere Astronomen haben bereits vorläufige Mittheilungen über ihre Wahrnehmungen veröffentlicht. Diese sind äußerst interessant, besonders dadurch, daß sie sich wesentlich von den an den früher spektroskopisch untersuchten Sternen gemachten Beobachtungen unterscheiden, nichts desto weniger aber doch zum Verständniß der letzteren beitragen.

1) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3083, S. 180.

2) Astronomy and Astrophysics Nr. 103, S. 231.

3) The Observatory Bd. 15, S. 140, 142 und Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3079, S. 107.

4) The Obs. Bd. 15, S. 137, u. Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3077, S. 73.

5) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3078, S. 95.

6) Dies. Nr. 3083, S. 179.

7) Astronomy and Astrophysics Nr. 103, S. 228.

8) Astr. Nachr. Bd. 129, Nr. 3077, S. 77 und Nr. 3079, S. 109.

Das Spektrum der Nova setzte sich, wie übereinstimmend gemeldet wird, aus zweien zusammen, von denen das eine breite helle Linien gab, während die Linien des anderen dunkel erschienen. Als hell wurden gesehen die Wasserstofflinien, Calcium-, Natrium- und mehrere andere Linien. Hier sind besonders von Bedeutung die Linien, deren Wellenlängen folgendermaßen bestimmt wurden:

501·6	und	492·5	Frost (Potsdam)
501		493	Rayet
500·9		492·0	Crem
501·9		492·3	Gothard
501·95		492·30	Konkoly

Die erstere steht zwar nicht weit ab von der f. g. Nebellinie 500·4 (im Orionnebel u. A.), ist aber nicht als identisch mit derselben zu erachten, wie Vogel und Huggins durch sorgfältige Prüfung finden, namentlich da in der Gegend der anderen charakteristischen Nebellinie (372·5) nichts von einer Linie zu bemerken ist. Dagegen hält es Prof. Vogel für sicher, daß beide Linien mit Chromosphärenlinien identisch sind, für welche Young folgende Wellenlängen angibt: 501·87, 501·59 und 493·44, 492·42, 492·24, 491·92, und außerdem glaubt er jetzt auch annehmen zu können, daß die einzige helle Linie, welche bei der Nova Cygni 1876 allein noch übrig geblieben war, als der Stern schon sehr schwach war, gleichfalls die Chromosphärenlinie 501·6 und nicht die Nebellinie 500·4 war.

Huggins bemerkt noch, daß das photographische Spektrum die ganze Reihe von violetten Wasserstofflinien zeigte, die in den Spektren der weißen Sterne vorkommen, und daß jede derselben doppelt ist, dunkel und hell. Auch die D-Linie ist dunkel und hell, bei der K-Linie dagegen ist die dunkle Linie nur wenig hervortretend; beachtenswerth ist der Umstand, daß bei den weißen Sternen die K-Linie schwach ist oder überhaupt fehlt.

In diesem so sehr complicirten Spektrum steht nun jedesmal die helle Linie neben der dunkeln auf der dem rothen Ende des Spektrums zugekehrten Seite, und zwar sind die Linien sehr bedeutend gegen einander verschoben. Diese Verschiebung beweist, daß die beiden Körper, von denen der eine das Absorptions- und der andere das Linienpektrum liefert, eine große relative Bewegung in der Gesichtslinie besitzen. Pickering findet die

Geschwindigkeit, mit der sich beide Körper in einer Secunde von einander entfernen, gleich 370 km (Anfang Februar); Vogel fand eine Geschwindigkeit von 900 km (14. Febr.), und entnahm einer anderen Photographie (15. Febr.) für die Geschwindigkeit, mit der sich der Stern mit den hellen Linien von uns entfernt, den Werth 520 bis 600 km.

Als Vogel gegen Ende Februar neue Aufnahmen erlangte, zeigte sich das Spektrum in so fern verändert, als die hellen Wasserstofflinien nun nicht mehr in der Mitte am glänzendsten waren, sondern daß jede zwei Intensitätsmaxima besaß, somit aus zwei Linien sich zusammensetzte. Daraus folgt, daß zwei Körper mit leuchtenden Linien in ungleicher Schnelligkeit sich in der Gesichtslinie von uns weg bewegen. Außerdem erschien aber auch in der Mitte der dunkeln Linien noch je eine ganz feine helle Linie. Aus dieser Aufhellung der dunkeln Linien darf man nach Vogel auf Gasausbrüche aus dem Inneren des Körpers schließen, dem die dunkeln Linien angehören.¹⁾ Wir könnten übrigens auch noch folgern, daß ein dritter Körper mit hellen Linien im Spektrum existirt, der sich senkrecht zur Gesichtslinie von dem Stern mit den dunkeln Linien bewegt und der also mit letzteren gleiche Bewegung in der Gesichtslinie besitzt. Beide Hypothesen vereinigen sich aber zu einer einzigen, wenn man annimmt, daß die Ursache des Ausleuchtens der Nova in gewaltigen und wiederholten Eruptionen aus dem Inneren eines äußerlich stark erkalteten Himmelskörpers besteht. Die in Folge der Erkaltung eingetretene Zusammenziehung der äußeren Hülle des Sternes übte auf das noch heiße Innere einen stets wachsenden Druck aus, der im Laufe langer Zeiträume die Temperatur und die Spannung der eingeschlossenen Dämpfe so weit erhöhte, daß zuletzt die Katastrophe eintreten mußte. Eine äußere Veranlassung zu der Explosion anzunehmen — etwa die Annäherung oder den Zusammenprall mit einem anderen Sterne —, dazu liegt kein Grund vor; den letzten Anstoß könnte ein Meteorstein gegeben haben, der durch sein Herabfallen die ungeheuren gebundenen Kräfte auslöste, durch deren Wirkung einzelne Massen mit enormen Geschwindigkeiten in den Weltraum

1) Hier ergaben sich als Geschwindigkeit a) des Körpers mit den dunkeln Linien: 470 km Annäherung an die Sonne b) der beiden Körper mit hellen Linien: 670 und 35 km Wegbewegung von der Sonne.

hinausgetrieben wurden, neugeschaffene kleine Sterne bildend, die aber anscheinend rasch erkalteten, wie auch der Hauptkörper keine bleibende Erhöhung seiner Temperatur zurückbehalten hat. Ein großer Theil der ausgestoßenen Gesteins- und Dampfmassen verdichtete sich jedenfalls nicht in großen Körpern, sondern condensirte sich nur in kleinen und kleinsten Partikeln, die ganz den Charakter der irdischen Eruptivgesteine tragen dürften und durch ihre rapide Geschwindigkeit durch den Weltraum geführt werden, bis sie als glänzendes Meteor die Atmosphäre eines Planeten durchziehen oder in die Gluthen einer fremden Sonne hinabstürzen. Sagte doch schon vor Jahren der Geologe Stanislaus Meunier, daß die Explosion unserer Erde genau dieselben Gesteine liefern würde, welche wir in den Meteoriten als fern hergewanderte Zeugen einer Weltkatastrophe chemisch und physikalisch untersuchen können.

Sternschnuppen und Meteore. — Beinahe allgemein gilt die Ansicht als ausgemacht, daß die Meteoriten und Feuerkugeln ihrem Ursprunge nach auf Kometen zurückzuführen seien. Man kennt bereits vier Kometen, in deren Bahnen Sternschnuppenschwärme sich bewegen, welche zu bestimmten Tagen im Jahre thätig sind und in Perioden von der Dauer des Kometenumlaufes ganz besonders reiche „Sternschnuppenregen“ liefern. Da nun in der Größe der einzelnen Sternschnuppen alle Uebergänge vorkommen, von ganz kleinen, nur in Fernrohren sichtbaren, bis zu solchen, die den Sternen erster Größe gleichen, so wird durch Analogie weiter geschlossen, daß auch die Meteore gleich beschaffene, jedoch besonders große Körper wären.

Auf den ganz wesentlichen Unterschied zwischen Meteoren und Sternschnuppen, der ihre gegenseitige Verwandtschaft — einige Ausnahmefälle abgerechnet — als ausgeschlossen erscheinen läßt, ist wiederholt und so auch neuerdings wieder von Prof. G. v. Niesl hingewiesen worden.¹⁾ Es besteht das wesentliche Unterscheidungsmerkmal der Meteoriten in ihrer sehr großen Geschwindigkeit, welche eine Bewegung in Hyperbeln voraussetzt,

1) „Ueber die Periheldistanzen und andere Bahnelemente jener Meteoriten, deren Fallerscheinungen mit einiger Sicherheit beobachtet werden konnten“. Verh. d. naturf. Vereins in Brünn. Bd. XXIX, vgl. Himmel und Erde IV. Jahrg. S. 183. Ferner: A. Berberich: Sternschnuppen und Meteore. Naturw. Rundschau Bd. VI, S. 478 ff.

während gerade bei den Kometen die hyperbolischen Bahnen nur äußerst selten vorkommen und in den wenigen bekannt gewordenen Fällen von der Parabel nur unbedeutend abweichen. Die so sehr rasch in die Atmosphäre eindringenden Meteorsteine sind einer entsprechend stärkeren Reibung an der Luft und daher auch viel intensiveren Erhitzung ausgesetzt als die im Durchschnitt erheblich langsamer laufenden Sternschnuppen. Die größere Helligkeit braucht daher nicht nothwendig eine Folge größerer Masse zu sein; allerdings können kleine Meteoriten in der Luft so schnell zerfliegen, daß ihr Ausleuchten zu kurz ist, um dem Beobachter zum Bewußtsein zu kommen; daher der relative Mangel „kleiner“ Meteore. Es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß die berechneten Meteorgeschwindigkeiten noch zu klein sind. Denn der Weg, den ein solcher Körper in der Luft in einer gewissen Anzahl von Sekunden zurücklegt, ist jedenfalls kürzer, als wenn das Meteor frei und ungehindert im leeren Raum seinen Lauf hätte fortsetzen können. So hat sich für eine, wohl mit dem Bielasschwarm in Zusammenhang stehende Feuerkugel vom 27. Nov. 1877 eine Geschwindigkeit von nur 4 Meilen ergeben, während die wahre Geschwindigkeit über 5 Meilen betragen mußte; in diesem Falle hat man es offenbar mit einer „großen Sternschnuppe“ zu thun. Die große Geschwindigkeit der Meteore ist auch schuld an der Thatsache, daß von ihnen hauptsächlich nur solche herabfallen, welche in directen Bahnen laufen; denn ist die Bahn retrograd, so trifft das Meteor von vorn auf die Erde und die relative Bewegung ist noch größer, als die absolute eigene war, im Maximum 4 Meilen in der Secunde.

Ein solches rückläufiges Meteor wird daher weit rascher und vollständiger durch die Hitze verzehrt als ein rechtläufiges, das die Erde auf ihrer Bahn einholt und nur mit einer Geschwindigkeitsdifferenz in die Erdatmosphäre eindringt. Für verschiedene Meteore mit der kosmischen Geschwindigkeit von 8 Meilen wären also die Extreme 12 und 4 Meilen je nachdem die Bahn rückläufig ist oder rechtläufig; der Luftwiderstand ist nun mindestens der dritten Potenz der Geschwindigkeit proportional, so daß er das einemal wenigstens 27 mal so stark sein würde als das andere mal. Das beobachtete Ueberwiegen directer Meteorbahnen ist demnach nur ein scheinbares; man wird annehmen können, daß die Vertheilung dieser Bahnen an sich eine gleichmäßige ist

Natürlich kann es kleine, sternschnuppenähnliche Meteoriten geben; ein im October thätiger Radiant lieferte nämlich außer solchen Körpern auch schon mehrfach große Meteore von wirklich hyperbolischer Bahn. Bei einzelnen Sternschnuppen kann man die Geschwindigkeit nicht sicher bestimmen, da dieselben gewöhnlich nur einem Beobachter zu Gesichte gekommen sind. Indirect aber ergibt sich aus der „stündlichen Variation“ der Sternschnuppen, daß diese im Mittel eine die parabolische etwas, wenn auch nicht viel, übertreffende Geschwindigkeit haben müssen, daß also neben kometarischen wirklichen Sternschnuppen auch noch kleine Meteoriten mit hyperbolischer Bewegung auftreten, über deren Ursprung sich aber nur so viel vermuthen läßt, daß sie unserem Sonnensysteme fremd sind.

II.

Physik und Meteorologie.

Allgemeine Physik.

In den letzten Jahren hat ein Zweig der Physik eine besondere Bedeutung erlangt, welcher bisher als ziemlich abliegendes Gebiet nicht sehr beachtet wurde. Man hat schon lange den Grenzgebieten zwischen Physik und Chemie größere Aufmerksamkeit geschenkt, ohne jedoch dazu gelangen zu können, befriedigende Ergebnisse und vor Allem einen inneren Zusammenhang zwischen den einzelnen Gesetzen zu schaffen. Die Hypothese hatte weiten Spielraum und man befand sich auf ziemlich unsicherem Boden. Erst in den letzten fünf Jahren haben die Untersuchungen dazu geführt, daß allgemeine Grundsätze aufgestellt wurden, die immermehr Beachtung fanden. Diese Grundsätze, welche man als „Theorie der Lösungen“ bezeichnen kann, streben darnach, die wichtigsten Eigenschaften der Lösungen von einem Gesichtspunkte aus zu erklären und mit wenigen Grundthatfachen in Zusammenhang zu bringen. Die Männer, welche in erster Linie diese neuen Theorien ausbauten, waren J. H. van't Hoff, Svante Arrhenius, und Wilhelm Ostwald. Ihre Lehren haben unter den Physikern großes Aufsehen und neuerdings namentlich sehr lebhaften Widerspruch von hervorragender Seite erfahren und das Interesse an den einschlägigen Untersuchungen wird immer allgemeiner. Es wird im Folgenden eine kurze Darstellung der Hauptsätze der Theorie gegeben.

Die Hauptpunkte der Theorie der Lösungen findet man in zwei Abhandlungen: J. H. van't Hoff: die Rolle des osmotischen Drucks in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen.¹⁾

1) Zeitschr. f. phys. Chemie 1. 1887. S. 481.

und S. Arrhenius: „Ueber die Dissociation der im Wasser gelösten Stoffe.“¹⁾ In diesen Abhandlungen werden folgende Betrachtungen angestellt.

Der osmotische Druck ist eine zunächst von Pfefferer eingeführte Größe. Man kann nämlich eine Thonzelle mit einer Haut versehen, welche gewisse Körper durch sich hindurchgehen läßt, andere dagegen nicht. Feuchtet man z. B. die Thonzelle vollkommen an, füllt sie mit einer Lösung von gelbem Blutlaugensalz und stellt sie sodann in eine Kupfervitriollösung hinein, so werden die beiden Flüssigkeiten sich in der Zelle begegnen und eine Haut von braunem Ferrochankupfer bilden. Stellt man eine so präparirte Zelle, welche man mit verdünnter Zuckerlösung gefüllt hat in Wasser, so läßt die Haut das Wasser hindurch diffundiren, während der Zucker zurückgehalten wird. Da die Lösung das Wasser anzieht, wird Wasser in die Zelle hineindringen. Schließt man die Zelle durch einen Pfropfen ab, welcher mit einem Manometer versehen ist, so wird dem eindringenden Wasser sehr bald durch den in der Zelle entstehenden Druck ein Widerstand entgegengesetzt werden, welcher weiteres Eindringen verhindert. Diesen Druck, dessen Größe uns das Manometer anzeigen wird, nennt man den osmotischen Druck. Die dünne Membran besitzt sehr große Elasticität und Widerstandskraft und wird bei einiger Vorsicht den Druck aushalten.

Bringt man in dem Stopfen statt des Manometers eine Röhre mit einem Kolben an, so wird man leicht im Stande sein, den Druck zu reguliren. Läßt man den Druck größer werden, so wird etwas von dem eingetretenen Wasser wieder zurückdiffundiren; verringert man den Druck, so tritt neues Wasser ein. Man kann also mit Hilfe des Kolbens die Concentration der Lösung ändern, ähnlich wie man bei Gasen die Dichte durch den Druck beliebig variiren kann. Diese Analogie wird vor allen Dingen durch die Erwägung weitergeführt, daß der Druck als herrührend von Stößen der in der Zelle befindlichen Moleküle aufgefaßt wird. Die Moleküle des Lösungsmittels — in unserm Beispiel des Wassers — gehen nun durch die „halbdurchlässige Wand“ hindurch, sie können also keinen Druck auf dieselbe ausüben. Es bleibt daher nur übrig, den entstehenden Druck durch die Stöße

1) Zeitschr. f. phys. Chemie 1. 1887. S. 631.

der Moleküle des gelösten Körpers in genau derselben Weise zu erklären, wie dies in der kinetischen Gastheorie aus dem Gasdruck geschieht. Die Moleküle des gelösten Körpers werden also in Bewegung befindlich gedacht, sie fliegen in der Lösung hin und her, stoßen an die Gefäßwände und üben dort einen Druck aus, welcher eben der osmotische Druck ist. Man hat dabei nur dafür zu sorgen, daß die Verdünnung so groß ist, daß man den gegenseitigen Einfluß, wie gegenseitige Anziehung oder Reibung, vollkommen vernachlässigen kann. Die vollkommene Gültigkeit der Gesetze wird dann natürlich erst zu erwarten sein, wenn wir es mit „idealen“ Lösungen zu thun haben, d. h. mit Lösungen, die so verdünnt sind, daß ihr Zustand dem eines idealen Gases gleichkommt. Es wird demnach von van't Hoff eine Lösung bei geeigneter Verdünnung genau so in ihrem Zustand aufgefaßt wie ein Gas von der kinetischen Gastheorie. Der Vortheil dieser Auffassung beruht darin, daß man die Gesetze der mechanischen Wärmetheorie, in erster Linie den zweiten thermodynamischen Hauptsatz, auf verdünnte Lösungen anwenden kann, denn es ist klar, daß sich mit einer solchen in einer Thonzelle mit halbdurchlässiger Wand befindlichen Lösung umkehrbare Kreisprocesse ausführen lassen. Die Bewegung des Lösungsmittels durch die halbdurchlässige Wand bedingt, wie erwähnt, eine Konzentrationsänderung d. h. die Lösung kann wie ein Gas zusammengepreßt werden und solche Processe kann man bekanntlich leicht umkehren, wenn man den Kolbendruck immer gleich dem osmotischen Druck macht.

Diese ganze Betrachtung gewinnt sofort an Wahrscheinlichkeit dadurch, daß man den osmotischen Druck proportional mit der Concentration fand. Es ist dies aber nichts anderes als das Boyle'sche Gesetz bei Gasen. Da nämlich der osmotische Druck von den Stößen der Moleküle herrührt, so wird er von der Zahl der Stöße abhängen, diese ist aber proportional mit der Zahl der Moleküle in der Raumeinheit, d. h. mit der Concentration. Das Wesentliche an dieser ganzen Hypothese ist die Unabhängigkeit des osmotischen Druckes vom Lösungsmittel, welches bei seiner Bewegung durch die halbdurchlässige Wand keinen Druck auf diese auszuüben vermag.

In der That fand Pfeffer's bei Zuckerlösungen die Proportionalität des Druckes P und der Concentration C nahezu bestätigt, wie folgende Tabelle zeigt:

C	P	$\frac{P}{C}$
1 ^o / _o	535 mm	535
2 ^o / _o	1016 =	508
2·74 ^o / _o	1518 =	554
4 ^o / _o	2082 =	521
6 ^o / _o	3075 =	513.

Führt man nun wirklich Kreisproceſſe mit ſolchen Löſungen aus, ſo läßt ſich mit Hilfe des zweiten Hauptsatzes der mechaniſchen Wärmetheorie durch leichte Rechnung der Satz beweifen, daß der oſmotiſche Druck der abſoluten Temperatur proportional iſt oder daß

$$\frac{P}{T} = \text{const.}$$

wobei P der oſmotiſche Druck iſt. Dieſer Satz entſpricht dem Gay-Luſſac'schen Geſetz für die Gaſe.

Pfeffer ſ bestätigte dieſen Satz experimentell, indem er den oſmotiſchen Druck derſelben Löſung bei zwei verſchiedenen Temperaturen beſtimmte und den zweiten Werth aus dem erſten nach dem Gay-Luſſac'schen Geſetz berechnete.

1. Rohrzuckerlöſung.

Bei 32^o wurde ein Druck von 544 mm beobachtet.

Bei 14·15^o ergibt ſich daraus 512, ſtatt 510 mm gefunden.

2. Rohrzuckerlöſung.

Bei 36^o wurde ein Druck von 567 mm beobachtet.

Bei 15·5 ergibt ſich daraus 529 ſtatt 520·5 mm gefunden.

3. Natriumnitratlöſung.

Bei 36·6^o wurde ein Druck von 1564 mm beobachtet.

Bei 13·3^o ergibt ſich daraus 1443 ſtatt 1431·6 mm gefunden.

4. Natriumnitratlöſung.

Bei 37·3^o wurde ein Druck von 983 mm beobachtet.

Bei 13·3^o ergibt ſich daraus 907 ſtatt 908 mm gefunden.

Eine andere intereſſante Beſtätigung lieferte Soret. Wenn nämlich das Gay-Luſſac'sche Geſetz für Löſungen gilt, ſo muß in ein und derſelben Löſung bei ungleichmäßiger Erwärmung der wärmſte Theil die geringſte Concentration beſitzen. Soret erwärmte den oberen Theil eines verticalen Rohres, welches eine anfangs vollkommen homogene Löſung enthielt, und kühlte die un-

tere Hälfte ab. Wurde die Temperatur überall constant erhalten, so trat nach längerer Zeit wirklich der geschilderte Zustand ein. Besitzen die beiden Theile der Lösung „Isotonie“, d. h. haben sie gleichen osmotischen Druck, so muß Gleichgewicht vorhanden sein, und diese Isotonie muß eintreten, wenn die Produkte aus Temperatur und osmotischem Druck gleich sind. Berechnet man hiernach die Concentration des wärmeren Theils aus derjenigen des kälteren Theils, und vergleicht man die Concentration mit der beobachteten, so ergibt sich:

1. Kupfersulfatlösung.

Der auf 20° abgekühlte Theil enthielt 17.332%.

Einer Temperatur von 80° entsprechen demnach 14.3%, statt der gefundenen 14.03%.

2. Kupfersulfatlösung.

Der auf 20° abgekühlte Theil enthielt 29.867%.

Einer Temperatur von 80° entsprechen demnach 24.8%, statt der gefundenen 23.871%.

Ältere Versuche von Soret waren allerdings weniger günstig.

Durch besonders geeignete Kreisprocesse läßt sich endlich auch Avogadro's Gesetz beweisen, welches auf Lösungen übertragen lautet: „Bei gleichem osmotischen Druck und gleicher Temperatur enthalten gleiche Volume der verschiedensten Lösungen gleiche Molekülzahl und zwar diejenigen, welche bei derselben Spannkraft und Temperatur im selben Volum eines Gases enthalten ist.“ Dieses Gesetz experimentell zu bestätigen war natürlich von großer Wichtigkeit. Dazu dienten zunächst wieder Versuche von Pfeffer's, welche den osmotischen Druck einer einprozentigen Zuckerlösung bei verschiedenen Temperaturen bestimmten. Berechnet man dann den Druck eines Gases, welches gleichviel Moleküle im selben Volumen enthält, bei denselben Temperaturen, so ergeben sich folgende Werthe:

Temperatur	Osmotischer Druck	Berechneter Druck
6.8	0.664	0.665
13.7	691	681
14.2	671	682
15.5	684	686
22	721	701
32	716	725
36	746	735.

Eine weitere Bestätigung des Avogadro'schen Satzes für Lösungen wird in den Raoult'schen Gesetzen von der molekularen Dampfdruck- und Gefrierpunktniedrigung gefunden, welche besagen, daß ein Molekül eines Stoffes in 100 Molekülen eines Lösungsmittels gelöst, dessen Dampfdruck oder Gefrierpunkt um eine constante Größe erniedrigt.

Die drei Grundgesetze der Gastheorie, welche somit auf Lösungen ausgedehnt sind, ergeben nun in ihrer Zusammenfassung noch eine interessante Beziehung.

Bekanntlich drückt man das vereinigte Boyle-Gay-Lussac'sche Gesetz durch die Formel

$$PV = RT$$

aus, wo P der Druck, V das Volum, T die absolute Temperatur und R eine Constante ist, welche den Werth

$$R = \frac{P_0 V_0}{273}$$

besitzt, also für verschiedene Gase verschieden ist. Um nun den Avogadro'schen Satz hier mit aufzunehmen, führt man nach Horstmann's Vorschlag „Kilogramm moleküle“ ein, d. h. man berücksichtigt so viele Kilogramme des Gases, als das Molekulargewicht angibt, z. B. 2 k Wasserstoff, 44 k Kohlenensäure u. s. w. Diese Gewichte besitzen alle dasselbe Volum und infolge dessen bei gleichem Druck und gleicher Temperatur auch gleiche Molekülzahl. Es ergibt sich also, daß die Constante R unter dieser Voraussetzung für alle Gase denselben Werth haben muß, weil die Volume dieselben sind. Man wird dann leicht die Constante R berechnen können, wenn man irgend ein Gas, z. B. Wasserstoff, bei 0° und 760 mm Druck zu Grunde legt, und die Volume in Kubikmetern, den Druck in Kilogrammen für den Quadratmeter ausdrückt. Dann ergibt sich für Wasserstoff:

$$P = 10333, \quad V = \frac{2}{0.08956} \quad T = 273, \quad R = 845.05$$

und der Gesamtausdruck der Gesetze Boyles, Gay-Lussacs, und Avogadros wird:

$$PV = 845 T.$$

Diese Form bezieht sich sofort auf Lösungen, sobald für P der osmotische Druck gesetzt wird.

Dabei ergibt sich das interessante Resultat, daß das Arbeits-
äquivalent

$$A = \frac{1}{423}$$

zu R in der Beziehung steht, daß

$$AR = 2$$

wird, wodurch die obige Formel übergeht in:

$$APV = 2T.$$

Wir haben also hier ein sehr einfaches Mittel, Arbeitsleistungen
direct in Kalorien umzurechnen.

Dehnt sich z. B. ein Gas oder eine Lösung bei constantem
Druck und constanter Temperatur um das Volumen V aus, in
dem ein Kilogrammolekül gelöst ist, so ist die in Kalorien aus-
gedrückte Arbeit offenbar $2T$.

Haben wir dagegen eine isothermische Ausdehnung, und
nimmt das Volum um ΔV zu, so ist die in Kalorien ausgedrückte
Arbeit $2\Delta T$.

Das Ergebniß dieser Untersuchungen kann somit der Haupt-
sache nach in den Satz zusammengefaßt werden, daß:

„Der Druck, welchen ein Gas bei einer gegebenen Tempe-
ratur besitzt, wenn eine bestimmte Zahl von Molekülen in einem
bestimmten Volumen verbreitet ist, gleich groß ist mit dem osmo-
tischen Druck, welcher unter denselben Verhältnissen von der
Mehrzahl der Körper ausgeübt wird, wenn sie in einer be-
liebigen Flüssigkeit, einerlei welcher, aufgelöst sind.“

Dieser Druck wird dabei nur als vom gelösten Körper her-
rührend angesehen, und dem Lösungsmittel kein Einfluß auf den-
selben zugeschrieben, da dieses ja die halbdurchlässigen Scheide-
wände durchdringt.

Bei dem „van't Hoff'schen Gesetz“, welches soeben
angeführt wurde, wird das Wort „von der Mehrzahl der
Körper“ auffallen. In der That bildete eine sehr bedeutende Anzahl
von Körpern Ausnahmen, indem ihr osmotischer Druck viel grö-
ßer ist, als er sein sollte. Ganz ähnlich wie bei Gasen eine solche
Abweichung durch theilweise Dissociation erklärt wird
(z. B. bei Chlor, Brom, Jod bei hohen Temperaturen), beseitigt
Arrhenius diese Schwierigkeit durch die Annahme, die abwei-
chenden gelösten Körper seien bei der Lösung in ihre elektrolyti-
schen Ionen zerfallen. Er stützt sich dabei auf die Hypothese von

Clauius, welcher die elektrolytischen Erscheinungen dadurch erklärt, daß er ebenfalls eine Dissociation des Elektrolyten in seine Ionen annimmt, welche unabhängig von einander sich zu bewegen vermögen. Dadurch wird die Molekülzahl vergrößert, die Stoßzahl in Folge dessen vermehrt und der Druck muß um so höher steigen, je mehr Moleküle dissociirt sind. Eine weitere Stütze dieser Hypothese findet Arrhenius darin, daß er den sogenannten „Dissociationsfactor“ i , d. h. das Verhältniß zwischen dem wirklich ausgeübten osmotischen Druck und dem nach dem van't Hoff'schen Gesetz berechneten, nach zwei Methoden bestimmt, deren eine sich auf das eben genannte Gesetz gründet, während die andere davon unabhängig ist.

Die erste Methode geht davon aus, daß nach van't Hoff's Berechnungen i mit der Erniedrigung der Gefriertemperatur eines Liters Wasser durch Auflösen eines Grammmoleküls des gegebenen Körpers proportional ist, und zwar ist

$$i = \frac{t}{18.5}.$$

Bei der zweiten Ableitung wird der Arrhenius'sche „Aktivitätscoefficient“ α zu Grunde gelegt. Dieser ist definirt als das Verhältniß der Anzahl der „aktiven“ Moleküle und der Summe der „aktiven“ und „inaktiven“ Moleküle eines Elektrolyten, wobei unter aktiven Molekülen solche verstanden sind, deren Ionen eine von einander unabhängige Bewegung besitzen, während die Ionen der inaktiven Moleküle fest mit einander verbunden sind. Dabei wird dieser Coefficient bei unendlicher Verdünnung des Elektrolyten im Einklang mit der Dissociationshypothese von Arrhenius gleich Eins gesetzt, für geringere Verdünnung ist er dann kleiner als Eins. Nun ist i offenbar gleich der Summe der vorhandenen inaktiven Moleküle und der Anzahl der Ionen getheilt durch die Zahl aller vorhandenen Moleküle. Es sei m die Zahl der inaktiven, n die der aktiven Moleküle und k die Zahl der Ionen, in welche jedes aktive Molekül zerfällt, dann ist

$$i = \frac{m + kn}{m + n}.$$

Offenbar ist aber α gleich $\frac{n}{m + n}$, also

$$i = 1 + (k - 1) \alpha.$$

Nach diesen zwei Methoden hat Arrhenius den Werth von i für eine große Zahl von Körpern berechnet¹⁾ und eine ziemlich gute Uebereinstimmung gefunden. Vor allem war für alle Nichtleiter, die natürlich dem van't Hoff'schen Gesetze genügen müssen, weil sie nicht dissociirt sein können, $i = 1$, für die Leiter war i durchweg größer.

Hieraus schließt Arrhenius:

„1. Daß van't Hoff's Gesetz nicht nur für die Mehrzahl sondern für alle Körper gültig ist, auch für diejenigen, die früher als Ausnahmen betrachtet worden sind (Elektrolyte in wässriger Lösung.)

2. Daß jeder Elektrolyt (in wässriger Lösung) theils aus (in elektrolytischer und chemischer Beziehung) aktiven, theils aus inaktiven Molekülen besteht, welche letztere jedoch bei Verdünnung sich in aktive umsetzen, so daß in unendlich verdünnten Lösungen nur aktive Moleküle vorkommen.)

Gegen diese Anschauungen und die aus denselben gezogenen weiteren Folgerungen ist nun ein sehr lebhafter Widerspruch erhoben worden. Aus der Menge der Abhandlungen, welche für und gegen die Theorie geschrieben wurden, sei hier nur eine von hervorragender Seite herrührende namhaft gemacht, deren Verfasser der bekannte Physiker und Chemiker Lothar Meyer in Tübingen ist.

Die Abhandlung²⁾ ist eine Entgegnung gegen van't Hoff's Theorie vom osmotischen Druck. Der Hauptpunkt, der angeführt wird, ist der, daß die Thatsachen mit der Theorie nicht stimmen. Es wird zunächst bestritten, daß der „osmotische Druck“ v. Hoff's nur von der gelösten Substanz abhängt und unabhängig sei vom Lösungsmittel und von der durchlässigen Membran. Es wird ferner bestritten, daß der v. Hoff'sche „osmotische Druck“ dasselbe sei, wie der von Pfeffer's eingeführte und so genannte Druck. Der letztere wird definirt als der Druck, welcher stattfindet, wenn eine Lösung (z. B. Zuckerlösung) durch eine Membran von Ferrocyankupfer mit reinem Wasser in Verbindung gebracht wird, der v. Hoff'sche ist der Druck, den ein Gas von gleicher Molekülzahl in gleichem Volumen auf

1) Z. f. phys. Chemie. 1. 1887. S. 634—636.

2) Zur Theorie der Lösungen. Berl. Ber. 48. 1891. S. 993.

die Wände ausüben würde. Es wird gezeigt, daß für Rohrzucker beide Drücke, d. h. der beobachtete Pfeffer'sche und der für ein Gas von gleicher Molekülzahl berechnete v. Hoff'sche gut übereinstimmen. Dasselbe gilt nach *Adie* für Kalisalpeter in 1 procentiger Lösung (nach Grammmolekülen pro Liter). Da aber nach *Raoult* und der *Arrhenius'schen* Dissociationshypothese von 0° an der Kalisalpeter bereits in der Lösung mindestens zur Hälfte dissociirt ist, so gilt die Uebereinstimmung nur für Concentrationen von 0,0125 und 0,025 Grammen pr. L., dann wird der berechnete Werth viel größer. Kaliumsulfat und Seignettesalz ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 + 4\text{H}_2\text{O}$) zeigen bei Annahme der Dissociation Uebereinstimmung. Zuckerchlorid dagegen weicht ganz ab. Bei Rohrzucker zeigte sich eine bedeutende Abhängigkeit von der Membran. Bei Berlinerblau- und Kaliumphosphatmembranen war der Druck nur $\frac{2}{3}$ von dem nach der Hypothese berechneten. Für diese Abhängigkeit wird *Tammann* (*Göttinger Nachrichten* 1891. Nr. 6. S. 222) angezogen. Berechnet man den Dissociationsfactor, d. h. das Verhältniß der durch Dissociation erhaltenen Moleküle zu der Molekülzahl, die vorhanden sein müßte, wenn Dissociation nicht einträte, oder das Verhältniß von wirklichem osmotischen Druck zum van't Hoff'schen nach der Theorie berechneten, so ergibt sich im Allgemeinen Uebereinstimmung, nur bei Kaliumbicarbonat und Natriumbicitrat sind größere Abweichungen zu bemerken.

Gegen die Theorie selbst werden folgende Einwände erhoben. Wenn der van't Hoff'sche osmotische Druck nur von der gelösten Substanz abhängt, so muß der Druck, der entsteht, wenn man nach Absperrung der Membran Wasser in die Lösung preßt, additiv zu dem osmotischen Druck hinzukommen, d. h. der Gesamtdruck muß größer sein als der osmotische Druck. Das ist aber nicht immer der Fall. Von zwei mit einander gemischten Substanzen ruft die eine den osmotischen Druck hervor. Welche ist das? Die in geringerer Menge vorhandene?, dann könnte man durch Verminderung des Lösungsmittels dieses zum Träger des Druckes machen, was der Theorie widerspricht. Der van't Hoff'sche osmotische Druck folgt nicht dem Boyle'schen Gesetze, indem er vom Lösungsmittel abhängig ist; das folgt einfach aus dem *Raoult'schen* Gesetze. Denn wäre er ein Gasdruck, so müßte er nur von der gelösten Substanz

und nicht vom Lösungsmittel abhängig sein, und überall denselben Werth haben, wo bei gleicher Temperatur gleich viel Moleküle in demselben Raume gelöst sind. Da nun nach dem Raoult'schen Gesetze 1 Molekülgewicht einer Substanz in 100 Molekülgewichte einer Flüssigkeit gelöst den Gefrierpunkt um $0,62^{\circ}$ und die Dampfspannung um 1% erniedrigen, so braucht man ein um so größeres Volumen, je kleiner die Dichte und je größer das Molekulargewicht des Lösungsmittels ist. Da nun nach dem van't Hoff'schen „Gesetz“ solche Lösungen gleichen osmotischen Druck besitzen, so enthalten sie dieselben Molekülzahlen bei gleichem Druck und Temperatur in verschiedenem Volum.

In folgender Tabelle sind die Lösungsmittel angegeben und die Molekularvolumina aus Molekulargewicht durch Dichte berechnet, sodann sind 100 Molekularvolumina (in cem) angegeben, ein Grammmolekulargewicht in diese Räume gebracht müßte denselben Druck überall ausüben. Da aber ein Grammmolekül bei 0° in 1 Liter 1697^{cm} Druck zeigt, so würde der Druck bei den Schmelzpunkten der Lösungsmittel der in nachstehender Tabelle angeführte sein:

Stoff	Formel	Mol.-Gew.	Dichte	Mol.-Vol.	100 Mol.-Vol.	Gasdruck
Wasser	H_2O	18	1	18	1800	943 cm
=	$\frac{1}{2}(\text{H}_2\text{O} + \text{H}_4\text{O}_2)$	27	1	27	2700	628
Ameisensäure . .	CH_2O_2	46	1.24	37.10	3710	470
Essigsäure	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_2$	60	1.054	56.93	5693	316
Aethylenbromid .	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$	188	2.190	85.86	8586	204
Benzol	C_6H_6	78	0.895	87.16	8716	199
Nitrobenzol . . .	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	123	1.195	102.90	10290	168
Aether (Schmelzp. b. 15°)	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	74	0.718	103.0	10300	174
Naphthalin	C_{10}H_8	128	0.982	130.3	13030	168
Thymol	$\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$	150	0.948	158.2	15820	127

Man bemerke die großen Abweichungen.

Für die Frage nach der Löslichkeit verschiedener Körper hat besonderes Interesse eine Untersuchung von Kohlrausch über die Löslichkeit verschiedener Gläser in kaltem Wasser. ¹⁾

1) Wied. Ann. 44. 1891. S. 577.

Kohlrausch untersuchte Glasarten verschiedenster Zusammensetzung und Güte, theils in Flaschenform, theils als fein zerriebenes Pulver, indem er die Flaschen mit Wasser füllte oder die Pulver mit Wasser übergoss und sie so bis zu einem Vierteljahr stehen ließ, während er sie von Zeit zu Zeit umschüttelte. Um die Menge des gelösten Glases zu bestimmen, benutzte er das elektrische Leitungsvermögen. Dasselbe ist nämlich eine Summe der Einzelwirkungen des Lösungsmittels und der gelösten Substanzen und hängt von den letzteren in der Weise ab, daß es mit 0.3 bis 0.8 multiplicirt, die Anzahl der in einem Liter gelösten Milligramme eines Glases ergibt. Man kann so ohne chemische Analyse, welche bei den geringen Mengen schwierig sein würde, das gelöste Glasquantum mit einiger Annäherung bestimmen. Da der gelöste Körper die Eigenschaften des Wassers zum Theil nicht unerheblich beeinflusst, so ist es wichtig, diese Abhängigkeit einmal zu kennen und sodann Mittel zu suchen, welche die Löslichkeit des Glases möglichst erniedrigen. Schon Quincke fand, daß Wasser in einer gläsernen Kapillarröhre, unter Umständen ein auf den zwanzigfachen Betrag vergrößertes Leitungsvermögen annahm; ferner hat Pfeiffer die Beobachtung gemacht, daß das Lösungsvermögen des Wassers in Glasgefäßen mit Platinelektroden zunimmt. Die Wichtigkeit derartiger Untersuchungen für optische Gläser ist einleuchtend, da mit der Löslichkeit das hygroskopische Verhalten derselben zusammenzuhängen scheint, denn manche Gläser verändern bei längerem Liegen nicht nur ihre Oberfläche, sondern setzen auch Flüssigkeitstropfen an.

Die Untersuchung ergab zunächst, daß sich alle Gläser, wenn auch zum Theil nur in sehr geringen Mengen, lösten. Kommt auf 1 qcm noch ungebrauchter Glasfläche 1 ccm Wasser, so löst sich in den ersten Tagen von mittlerem Thüringer Glas täglich etwa $\frac{1}{6000}$ mg, nach einigen Monaten $\frac{1}{15000}$ mg von jedem qcm Oberfläche. In 100 Tagen wurden insgesamt gegen 0,01 mg vom Quadratcentimeter gelöst. Die gelöste Menge ist bei den verschiedenen Glasarten eine sehr verschiedene. Bei schlechtem Glas steigt die Löslichkeit auf etwa 100 g für den Liter nach längerem Stehen, doch gibt es Gläser bei denen nur etwa 0,00001 mg vom Quadratcentimeter gelöst werden und in 75 Tagen 0,0008 mg. Diese fast unlöslichen Gläser waren unbekannter Herkunft und schon längere Zeit im Gebrauch, wobei sie längere Zeit mit

Wasser gefüllt gestanden hatten, stellenweise waren sie schon mit heißem Wasser behandelt worden. Ihre Zusammensetzung war bei einem specifischen Gewicht von 2.44 die folgende; K_2O 3.64; Na_2O 9.7; CaO 9.2; Al_2O_3 0.44; SiO_2 77.0. Die Löslichkeit wächst mit dem Alkaligehalte, wobei Natrium förderlicher auf die Löslichkeit wirkt, als Kalium. Ein sehr schlechtes Glas, welches ein Jahr lang bereits gewässert war, gab mit kaltem Wasser in 120 Tagen 47 mg für den Liter in Lösung. Es besaß bei 2.48 spec. Gewicht 1.31 K_2O ; 20.3 Na_2O ; 3.96 CaO ; 0.25 MnO ; 2.11 Al_2O_3 ; 72.1 SiO_2 . Zu viel aber auch zu wenig Kieselsäure vermehren die Löslichkeit, das günstigste Verhältniß ist 72 Äquivalente SiO_2 auf 100 Äquivalente der ganzen Menge. In heißem Wasser (80°) lösen sich die Gläser ungleich schneller. 10° Erwärmung erhöhen die Lösungsgeschwindigkeit auf das vierfache, und nach 20stündiger Berührung mit heißem Wasser ist etwa das sechsfache der Gesamtmenge gelöst, welche von kaltem Wasser in 100 Tagen gelöst wird. Von der oben erwähnten schlechten Flasche waren nach 20 Stunden 500 mg im Liter heißen Wassers gelöst. Eine beträchtlich größere Löslichkeit zeigen Glaspulver. Dieselben wurden so fein zerrieben, daß die Theilchen nur einige Tausendtel Millimeter Durchmesser besaßen. Sie ergaben dann mit der zwanzigfachen Wassermenge kalt behandelt (d. h. stark geschüttelt) bei mittlerer Güte des Glases in 1—2 Tagen 0,5 g, bei schlechtem Glase 1 g im Liter gelöst. Bei den besten Gläsern erhält man 0.2 g für den Liter. Die größte Menge Glas geht sofort in der ersten Zeit in Lösung. Von den Pulvern wurde in der ersten Minute die Hälfte der Menge gelöst, die in einer Stunde gelöst wird; in zwei Tagen löst sich das doppelte der letzteren Menge. Nach einem Monat lösen sich täglich nur gegen 2 mg pro Liter. Erneuerung des Wassers führt verstärkte Lösung herbei. Die in einem halben Jahre von der öfter erneuerten 100fachen Wassermenge gelösten Glasmenge betragen bei Flaschenglaspulvern zwischen $\frac{1}{50}$ und $\frac{1}{8}$ der ganzen Menge des Glases, bei Kalikronglas etwa $\frac{1}{4}$ und bei kieselsäurefreiem Borflintglas über die Hälfte. Bei dieser verhältnißmäßig starken Löslichkeit werden Mittel gesucht, die Gläser zu verbessern. Es hat sich dabei ergeben, daß die schlechten Gläser überhaupt nicht mehr verbesserungsfähig sind, bei mittleren und guten Gläsern hilft ein längeres Digeriren mit Wasser. Haben Gläser (Flaschen) mit kaltem

Wasser längere Zeit in Berührung gestanden, so vermindert sich die Löslichkeit schon ziemlich stark, behandelt man sie aber 20 Stunden lang mit heißem Wasser von 80° , so erscheint die mittlere Glasorte fünfmal weniger löslich. Dieselben Resultate erzielt man durch Behandlung der Gläser mit Säuren. Die Oberfläche des Glases wird selbst bei der stärksten Löslichkeit nicht verändert.

Im Zusammenhang mit diesen Versuchen stehen Untersuchungen von Barus¹⁾ über Compressibilität des heißen Wassers.

Es wurde siedendes Wasser bei verschiedenen Temperaturen auf seine Compressibilität geprüft. Zwischen 0° und 63° nimmt die Compressibilität des Wassers ab. Dann wächst sie wieder. Wegen der Löslichkeit des Glases konnten die Versuche nur bis 185° durchgeführt werden. Die Wassersäule war in eine Capillarröhre zwischen zwei Quecksilberfäden eingeschlossen und wurde durch eine Cailletet'sche Pumpe einem Druck bis zu 300 Atm. ausgesetzt. Je länger das Wasser kochte, desto größer wurde die Compressibilität. Dieselbe ist für reines Wasser bei 185° wahrscheinlich nicht größer als 0.00007 ($70/10^6$). Die Zunahme führte B. auf das gelöste Silicat zurück, welches sich bei Druckzunahme in fester Form ausscheidet, bei Druckabnahme wieder löst. Wirkt das Wasser länger als 50 Minuten auf das Glas, so nimmt das Volumen des Wassers infolge der Lösung ab.

ϑ = Temperatur, v = Volumzunahme, V = ursprüngliches V. β = Compressibilitätscoefficient, t = Zeit vom Eintritt des Kochens an.

ϑ	$\frac{v}{V} \cdot 10^3$	$\beta \cdot 10^6$	t	ϑ	$\frac{v}{V} \cdot 10^3$	$\beta \cdot 10^6$	t
24°	± 0	44	—	185°	$+ 44$	141	40 Min.
185°	$+ 103$	77	18 Min.	185°	$+ 27$	163	45 "
185°	$+ 86$	97	25 "	185°	$+ 05$	184	50 "
185°	$+ 75$	112	30 "	185°	$- 15$	221	55 "
185°	$+ 60$	125	35 "	185°	$- 29$	—	60 "

Die Thatsache, daß die Compressibilität des Wassers bei zunehmender Temperatur im Intervall von 0° bis 50° kleiner wird,

1) Referirt in Beiblätter zu Wied. Ann. 16. 1892. S. 6.

welche außer Barus noch Grassi, Pagliano und Vicenti, Röntgen und Schneider erwiesen haben, steht im Gegensatz zu dem Verhalten anderer Flüssigkeiten, bei denen die Compressibilität mit der Temperatur wächst. Ganz besonders erstaunlich ist jedoch das Verhalten des Ausdehnungscoefficienten des Wassers bei hohen Drucken. Aus Amagats Untersuchungen folgt nämlich, daß der mittlere Ausdehnungscoefficient des Wassers zwischen 0° und 10° , 0° und 30° , 0° und 50° bis zu Drucken von 2500 bis 3000 Atmosphären fortwährend mit dem Druck zunimmt, statt zu fallen, wie man vermuthen sollte, und zwar um so stärker, je niedriger die Temperatur und je kleiner der Druck ist. Aether, Schwefelkohlenstoff und Alkohol zeigen das entgegengesetzte Verhalten; der Ausdehnungscoefficient nimmt bei steigendem Druck ab. Schließlich fand Röntgen, daß das Wasser sich von den andern flüssigen Körpern auch dadurch unterscheidet, daß es mit steigendem Druck nicht zähflüssiger wird, sondern daß sich seine Viscosität vermindert. Alle diese Erscheinungen zusammengenommen mit der bekannten Anomalie des Wassers bei 4° veranlaßten Röntgen¹⁾, eine Erklärung dafür in der Constitution des Wassers zu suchen. Er sieht nämlich im Wasser ein Aggregat von zwei Arten verschieden construirter Moleküle. Die eine Art besitzt gewisse Eigenschaften des Eises, Röntgen nennt sie die Eismoleküle. Sie gehen durch Wärmezufuhr in Moleküle zweiter Art über, durch Wärmeentziehung werden sie zurückgebildet. So ist das Wasser bei einer höheren Temperatur als 0° eine gesättigte Lösung von Eismolekülen. Ferner wird angenommen, daß bei der Bildung von Molekülen zweiter Art aus den Eismolekülen eine Volumverminderung der Mischung vor sich geht. Es besteht demnach der Vorgang, welcher bei Wärmezufuhr das Volumen des Wassers verändert, aus zwei Theilen, nämlich einer Dilatation und einer Contraction durch Uebergang von Eismolekülen in Moleküle zweiter Art. Bis zu 4° ist die letztere größer, es bleibt also ein Ueberschuß an Contraction. Das Wasser zieht sich zusammen; bei 4° halten sich beide die Waage, sodann überwiegt die Dilatation. Mit Hilfe dieser Annahme und unter Benutzung der von Möller, Sorby und Braun angestellten Untersuchungen

1) Wied. Ann. 45. 1892. S. 91.

über den Einfluß des Druckes auf die Lösungsfähigkeit, nach welchen dieselbe bei Wasser für Eismoleküle vermindert werden müßte, werden diese Anomalieen alle zu erklären versucht. Ohne daß hier auf diese Erklärung genauer eingegangen werden soll, sei bemerkt, daß nach der Röntgen'schen Theorie die Verminderung der Viscosität des Wassers bei höheren Drucken eine immer kleinere werden muß, daß diese Verminderung nach und nach verschwindet und daß also schließlich für die Viscosität ein Minimum erreicht werden muß, von welchem an dieselbe wieder wächst. Ebenso muß derselbe Druck die Viscosität umsomehr erniedrigen, je tiefer die Temperatur ist. Diese Vermuthungen sind nun von (Cohen¹⁾) unterdessen sehr schön bestätigt worden. Derselbe fand, daß die Viscosität bis zu 40° durch den Druck vermindert, daß jedoch bis zu 900 Atmosphären und Temperaturen bis 25° ein Minimum derselben nicht beobachtet wird. Dagegen vermindert sich die Zähigkeit nicht dem Druck proportional, sondern langsamer, so daß bei größeren Drucken eine geringere Verminderung stattfindet als bei kleineren. Der Einfluß des Druckes auf die Viscosität ist endlich beim Wasser stark veränderlich mit der Temperatur und im Intervall von 0° bis 23° in der Nähe des Gefrierpunktes am größten und nimmt mit wachsender Temperatur ab. Ob bei Temperaturen über 40° die Viscosität des Wassers mit dem Druck wächst, ist nicht entschieden.

Uebrigens hat neuerdings Jäger²⁾ auf theoretischem Wege die Capillarität und deren Abhängigkeit von der Temperatur in Zusammenhang mit der van't Hoff'schen Theorie gebracht. Er findet folgende Gesetze:

1. Die Capillaritätsconstante wächst proportional der Concentration und es ist in einem und demselben Lösungsmittel die molekulare Zunahme der Capillaritätsconstanten für alle gelösten Substanzen ein und dieselbe Größe, (d. h. die Zunahme der Capillaritätsconstanten mit der Concentration ist proportional dem osmotischen Drucke).

2. Die molekulare Erniedrigung des Temperaturcoefficienten der Capillaritätsconstanten ist für alle gelösten Körper eine constante Größe.

1) Wied. Ann. 45. 1892. S. 666.

2) Berichte der Wiener Akad. 100. 1891. S. 493.

Jäger geht dabei von dem Raoult'schen Gesetz von der molekularen Dampfdruck- und Gefrierpunktniedrigung aus und versteht dabei unter „molekularer Zunahme“ der Capillaritätsconstanten die Zunahme derselben bei gleicher Molekülzahl des gelösten Körpers in gleicher Molekülzahl des Lösungsmittels.

Endlich kommt er zu dem wichtigen Satze, daß wenn man die einer Lösung zukommenden Energieen, also potentielle Energie, kinetische Energie, elektrische u. s. w. addirt und die Summe als Gesamtenergie bezeichnet, diese letztere sowohl als jede einzelne Energie (Theilenergie) mit der Contraction derart wächst, daß für gleichviele Moleküle des gelösten Mittels der Energiezuwachs eine constante Größe ist.

Elasticitätstheorie. — In der Elasticitätstheorie wird gewöhnlich angenommen, daß die Verlängerung eines Stabes oder Drahtes innerhalb der Grenzen der vollkommenen Elasticität proportional der Belastung sei. Dieses zuerst von Hooke aufgestellte Gesetz ist später von Wertheim, Edlund, Morin und noch neuerdings von Miller bestätigt worden, wenigstens haben diese und andere Beobachter keine auffälligen Abweichungen von diesem Gesetze gefunden. Indessen liegt von Haus aus kein Grund für die strenge Proportionalität von Belastung und Dehnung vor. „In der That, wenn man den Fall näher betrachtet, so scheint es sehr wahrscheinlich, daß sich Abweichungen von dem Gesetze finden. Wenn ein Draht einer Dehnung unterworfen ist, so werden die relativen Lagen seiner Moleküle verändert, und er wird ein merklich verschiedener Körper. Folglich sollte man sich nicht wundern, wenn in einem und demselben Körper der Elasticitätsmodul eine Abhängigkeit von der Deformation zeigt.“

Joseph Osgood Thompson, dem diese Sätze entlehnt sind, hat nun auf Veranlassung des Prof. Kohlrausch im Physikalischen Institut zu Straßburg Versuche angestellt, welche die oben stehende Vermuthung bestätigen.¹⁾ Da voraussichtlich die Abweichungen vom Proportionalitätsgesetz nur geringfügig sein konnten, so mußten die Beobachtungen einen hohen Grad von Genauigkeit besitzen. Zu dem Zwecke mußten die Versuchs-

1) Wied. Ann. Bd. 44, S. 555.

Drähte sehr lang und frei von Krümmungen sein, und die Temperatur des Ortes, wo man die Versuche anstellte, mußte während eines Versuches annähernd constant sein. Der ersteren Bedingung wurde entsprochen durch Anwendung von Drähten von etwa 23 m Länge, die eigens für diesen Zweck von Obermaier in Nürnberg hergestellt worden waren; die Versuche aber wurden in dem Thurme des Instituts angestellt, in welchem die Temperaturänderung im Laufe eines Vormittags in der Regel weniger als 0.5° betrug. Die näheren Angaben über die Versuche, insbesondere über die Maßregeln zur Beseitigung störender Einflüsse, namentlich der Temperaturerhöhung bei der Belastung und der elastischen Nachwirkung, übergehen wir hier und begnügen uns mit Angabe der Ergebnisse, die mit verschiedenen Drähten erhalten wurden.

Bei einem Messingdraht von 0.0627 qmm Querschnitt, 22700 mm Länge, der Dichte 8.42 und der Anfangsbelastung 0.665 kg gab eine Mehrbelastung von p (0.2 bis 1.8) kg die Verlängerung

$$x = 35.4385 p + 0.5353 p^2 + 0.1487 p^3$$

die mittlere Temperatur betrug 9° .

Bei Kupferdraht von 0.0641 qmm Querschnitt, 22690 mm Länge, der Dichte 8.99 und der Anfangsbelastung 0.192 kg war bei 13.5° mittlerer Temperatur für $p = 0$ bis 1.2 kg

$$x = 27.578 p + 0.3193 p^2 + 0.0538 p^3.$$

Für Stahldraht von 0.03263 qmm Querschnitt, 22700 mm Länge, 7.74 Dichte und 0.491 kg Anfangsbelastung wurde bei 13° mittlerer Temperatur die Verlängerung für $p = 0$ bis 1 kg

$$x = 35.2725 p + 0.5725 p^2 - 0.0525 p^3$$

gefunden, und bei Silberdraht von 0.0687 qmm Querschnitt, 22690 mm Länge, 10.00 Dichte und 0.593 kg Anfangsbelastung war bei 14° innerhalb derselben Grenzen für p

$$x = 39.4030 p + 0.3905 p^2 - 0.0313 p^3.$$

Thompson hat auch noch Versuche mit dickeren Drähten ausgeführt, wobei in einigen Fällen Belastungen bis zu 18 kg angewandt wurden. Ohne Ausnahme erhielt er ähnliche Ergebnisse.

Das gewöhnlich angenommene Verlängerungsgesetz

$$x = a p$$

ist hiernach nur als eine erste Annäherung zu betrachten; in Wahrheit ist

$$x = \alpha p + \beta p^2 + \gamma p^3.$$

Dabei ist α der Elasticitätsmodul des nicht deformirten (unbelasteten) Stabes. „Die auf diese Weise berechneten wahren Elasticitätsmoduln können bis 10 Procent größer sein als die auf gewöhnlichem Wege ermittelten. Es wird daher nothwendig sein, physikalische Constanten, die von dem Elasticitätsmodul abhängen, neu zu berechnen.“

Akustik.

Der bekannte Physiker K. Antolik in Urad veröffentlicht eine große Anzahl (42) sehr interessanter Schulversuche aus den Gebieten der Mechanik und Akustik.¹⁾ Sie zeichnen sich alle durch zweckmäßige Anordnung und sehr geringen Aufwand von Hilfsmitteln aus. Besonders interessant sind einige akustische Versuche. So können Schwingungen nichttönender Körper sehr schön dadurch sichtbar gemacht werden, daß man Rauch (Chlorammoniumnebel) aus einem seitwärts gebogenen 3 mm weiten Glasrohr ausfließen läßt, indem man dieses in dem Hals eines Lampencylinders befestigt, in dessen oberem Ende man zwei Schwämmchen mit Salzsäure und Ammoniaklösung angebracht hat. Der sich herabsenkende Rauch zeigt dann die schönsten Wellenbewegungen, die man bei ruhiger Luft sehr gut beobachten kann. — Ein überraschend einfacher Apparat ist das Flammeneleidophon, an welchem die Zuckungen einer Gasflamme noch auf 20 m beobachtet werden können. Dasselbe besteht aus einer fingerdicken oben mit einer 2 mm weiten Spitze versehenen Glasröhre, die durch einen Kautschukschlauch mit der Gasleitung in Verbindung steht. Die Flamme zeigt durch ein eigenthümliches Sausen schon rhythmische Bewegungen an, welche aber noch viel regelmäßiger gemacht werden können, wenn man die dünne Glasröhre 50—60 cm lang auszieht und die Flamme 20—30 cm hoch brennen läßt. Schlägt man dann mit der starken Röhre gegen die Hand, so fängt die dünne Spitze an zu schwingen und zeigt die Wellen sehr deutlich, wenn sie mit annähernd gleichförmiger Geschwindigkeit im Kreise herumgeführt

1) Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterricht. IV. 1891. S. 175.

wird, in Form eines gezackten Flammenbildes. Zugleich gibt die Flamme einen lauten Ton von sich.

Als Reiterchen für Monochordversuche werden statt der Papierschnitzel Aluminiumringe vorgeschlagen, welche durch die Schwingungen in Rotation gerathen und dabei das Ansehen von Scheibchen annehmen, so daß sie ebenfalls ziemlich weit sichtbar sind.

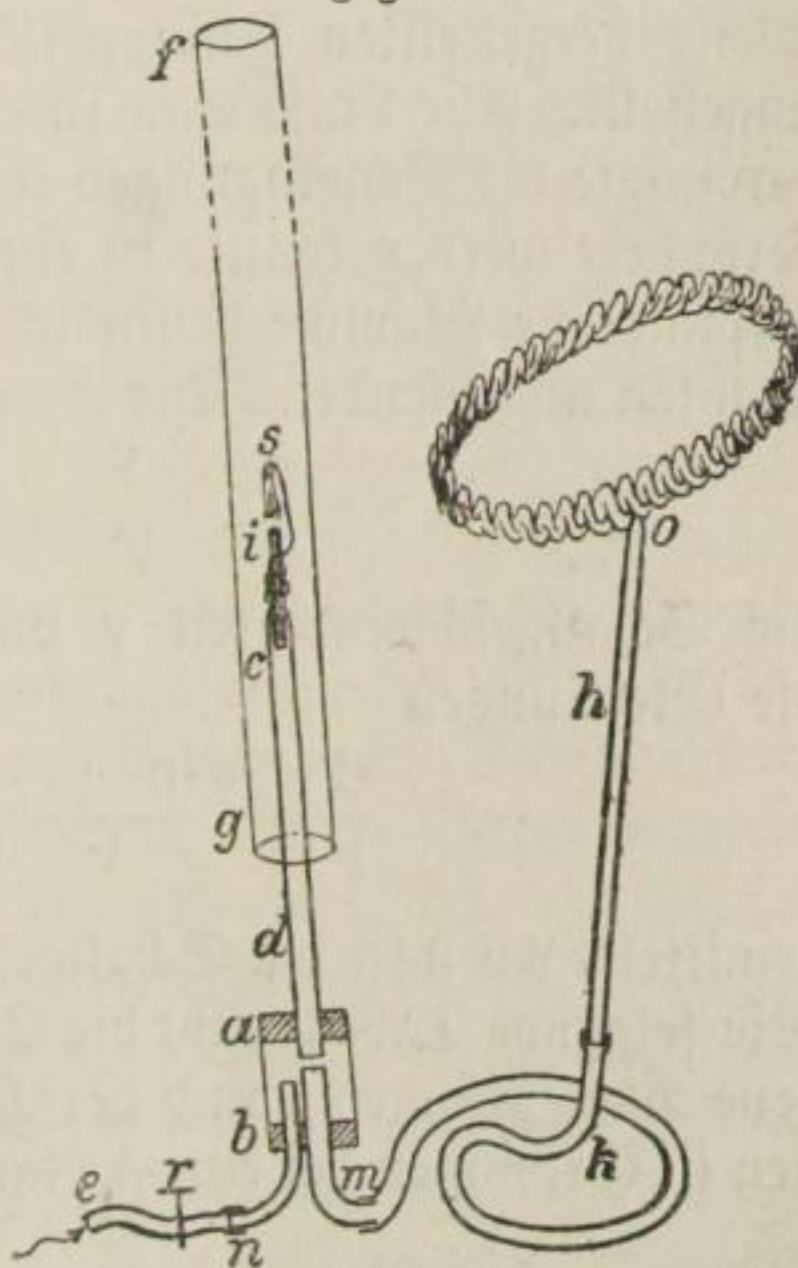
Zur Analyse des Klanges wird zunächst ein Versuch angegeben, bei dem ein Telephon dicht über einer Saite befestigt wird. Wird die Eisenplatte entfernt und durch das Telephon ein Strom geschickt, der durch eine Helmholtz'sche Stimmgabel oder einen ähnlichen periodischen Unterbrecher geht, so kommt die Saite zum lauten Tönen, sobald sie mit dem Unterbrecher auf übereinstimmende Schwingungen gestimmt wird. Dieser kann dabei in einem ganz andern Raume sich befinden. Es ist also der Schwingungszustand nur durch die periodischen Inductionsströme übertragen worden. Sodann wird der Vorschlag gemacht, die Stimmgabelzinken der Länge nach zu durchbohren und mit Platinspitzen für zwei empfindliche Flammen zu versehen, doch konnte bisher nur eine solche Stimmgabel aus Glas hergestellt werden, welche bereits gute Dienste leistete. In ganz ähnlicher Weise wie beim Flammenkaleidophon werden die Schwingungen der singenden Flammen objektiv ohne Anwendung des rotirenden Spiegels dargestellt. In eine kurze aber weite Glasröhre *ab* Fig. 7 wird durch einen Schlauch das Gas eingeführt. Oben mündet in dieselbe das Rohr *dc* der Flamme *i*, während ihm gerade gegenüber ein anderes Rohr *mkho* einmündet, welches mit einer Oeffnung *o* endigt und eine 25—30 cm lange Flamme speist. Die singende Flamme *i* besitzt nur eine Länge von 6—10 cm. Ueber die letztere wird die bekannte Resonanzröhre gesteckt, so daß die singende Flamme ungefähr in $\frac{1}{4}$ der Höhe derselben sich befindet. Man regulirt nun durch den Hahn *r* den Gaszufluß so lange, bis die Flamme zu singen anfängt und verschiebt die Resonanzröhre so lange, bis die Flamme am stärksten singt, dann dreht man *r* ganz auf, um die größte Intensität des Tones zu erreichen, und bewegt die Röhre *h* in einer liegenden Acht (∞) gleichmäßig hin und her. Man erhält dadurch einen namentlich im Dunkeln sehr regelmäßigen Lichtkranz. Die Röhren *d* und *m* müssen möglichst nahe aneinander sein.

Die Resonanz einer Luftsäule auf schwingende Stimmgabeln wird dadurch sehr einfach nachgewiesen, daß man eine weite Röhre mit einem Glasballon durch ein Kautschukrohr communiciren läßt, dessen Inneres mit der Luft in Verbindung steht. Man füllt den ganzen Apparat mit Wasser, senkt den Ballon, bis das Wasser im Rohr möglichst tief steht und läßt unmittelbar über der oberen Oeffnung desselben eine Stimmgabel tönen. Durch langsames Heben des Ballons findet man dann leicht die Stelle größter Resonanz, hebt man weiter, so gelangt man an eine Stelle, an welcher gar keine Resonanz stattfindet, dieser folgt wieder ein Resonanzmaximum u. s. w. Bezeichnet man diese Stellen mit Marken (schwarzen und weißen Fäden), so hat man die Knoten und Bäuche der schwingenden Luftsäule vor sich. Eine Flamme bringt untönlif sehr leicht dadurch zum Mittönen, daß er eine an einer Stimmgabel befestigte Eisenlamelle in das unterste Viertel der Flamme hineinhält.

An Stelle des jetzt gebräuchlichen Vibrographen, der durch zeitraubendes Aufkleben und Beruhen des Papiers sehr unbequem ist, wird eine Messingwalze empfohlen, welche man spiegelblank abputzt und dann mit einer sehr feinen Schicht Unschlitt überzieht. Rollt man diese dann durch Lycopodium, so überzieht sie sich rasch und gleichmäßig mit diesem Pulver, die eingepprägten Linien werden sehr scharf und rein und die Erneuerung des Ueberzugs erfolgt durch neues Rollen in Lycopodium in einer Minute, ohne daß das alte vorher abgewischt zu werden braucht.

Ueber Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls in verschiedenen Körpern liegen einige Arbeiten von Interesse vor. Die erste behandelt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in

Fig. 7.



lockeren Stoffen, wie Watte und gepulverte Körper und stammt von Gesehus.¹⁾

Aus der Thatsache, daß sich die Geschwindigkeit des Schalls in Röhren mit dem Radius derselben verringert, wird hier geschlossen, daß auch eine Verringerung der Schallgeschwindigkeit in lockern Stoffen stattfindet. Um das zu untersuchen, wurden verschiedene lockere Körper in Linsenform gebracht und untersucht, ob sie Schallschwingungen in einem Brennpunkt vereinigen könnten. Es gelang dies für eine Linse aus Watte, die dadurch hergestellt war, daß man Watte zwischen zwei gewölbte Drahtneze preßte. Sie vereinigte das Ticken einer Taschenuhr in einem Punkt. Genauere Untersuchungen wurden mit einer auf dieselbe Weise hergestellten halbkugelförmigen Linse aus Ebonitspähen angestellt. Die Linse war in einem Blechschirm angebracht und vereinigte die Schwingungen einer Pfeife, deren Tonhöhe beliebig verändert werden konnte in einem Punkt, dessen Lage durch eine empfindliche Flamme bestimmt wurde. Dabei wurden die Randstrahlen abgeblendet. Die Brennweite F wurde nach der Formel

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f'}$$

die Schallgeschwindigkeit v und das Brechungsvermögen durch die Gleichungen

$$\frac{1}{F} = \frac{(n-1)}{v} \quad \text{und} \quad v = \frac{343}{n}$$

ermittelt, wo 343 die Schallgeschwindigkeit in Luft von 18° ist. Die folgende Tabelle gibt die Schallgeschwindigkeiten für verschiedene Wellenlängen λ und verschiedene Massen β von Ebonitspähen in Grammen bei einem Rauminhalt der Linse von 3850 ccm.

$\beta =$	137	294	406	556.
$\lambda = 60$	188	176	163	146
52	204	186	176	157
44	223	202	197	176
36	242	231	218	194
24	261	255	247	232.

Die Schallgeschwindigkeit ist demnach abhängig von der Wellenlänge und zwar nimmt sie bei deren Zunahme ab. Daß sie mit zunehmender Masse der Ebonitspähe abnimmt ist leicht verständ-

1) Referirt in Beiblätter zu Wied. Ann. 16. 1892. S. 62.

lich. Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Wellenlänge wurde durch die empirische Formel

$$v = v_0 (1 - \delta) a \lambda \delta^{-0.75}$$

genauer bestimmt. Dabei bedeutet v_0 die Schallgeschwindigkeit der Luft, δ die Dichte und a eine von der Natur des Mittels abhängige Constante, welche für Ebonit den Werth $a = 0.022$ besitzt.

Weit eingehender ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in membranösen Körpern von F. Melde studirt worden.¹⁾ Antolik führt nämlich an der oben citirten Stelle auch Versuche mit einseitig geschwärztem Satiné-Papier (schwarzem Glanzpapier) an, welches er auf verschiedene Weise in Schwingungen versetzt; aus den Klangfiguren, die aufgestreuter Seesand bildet, zieht er Schlüsse über Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Tonhöhe. Melde bestreitet die Richtigkeit dieser Schlüsse und meint vor Allem, daß man es hier mit Transversalschwingungen und nicht mit Longitudinalschwingungen zu thun habe. Er hält überhaupt die Antolik'sche Methode zur Bestimmung von Fortpflanzungsgeschwindigkeiten aus einleuchtenden Gründen für ungeeignet und gibt seinerseits eine neue geeignetere an, indem er seine Körper in Streifen schneidet, diese spannt und durch Streichen in Longitudinalschwingungen versetzt. Zu den von Melde untersuchten Körpern gehören alle imprägnirten und nicht imprägnirten Papierforten, sodann Schnüre, Leinwand- und Baumwollstoffe, Seide und thierische Membranen. Diese Körper wurden nun zunächst mit einem guten Lineal und sehr scharfem Messer in Streifen von genau parallelen Rändern geschnitten, welche mehr als einen Meter Länge besaßen. Damit die Streifen genau Parallelabschnitte bildeten, wurde das sorgfältig eingestellte Lineal jedesmal fest genagelt, die Membran mit den breiten Messingköpfen von Weißstiften, die neben dem Papier eingeschlagen wurden, festgeklemmt und dann erst geschnitten. Diese Streifen wurden nun in folgender Weise gespannt. Auf einer langen Holzlatte lassen sich zwei Schieber mittelst Schrauben befestigen, welche Messingklemmen tragen, in denen die Streifen gespannt wurden. Die Streifen wurden dann durch Streichen in Schwingungen versetzt, indem sie mit dem in Kolophonium getauchten Daumen und Zeigefinger in der Mitte berührt und

1) Wied. Ann. 45. S. 568—588, S. 729—750. 1892.

zwischen denselben angestrichen wurden. Die Tonhöhe wurde mittelst eines Appunn'schen Tonmessers bestimmt. Derselbe enthielt die „kleine“ Oktave in Metallzungen, welche von 4 zu 4 Schwingungen weiterschritten, also 32 Zungen. Daneben war noch ein zweiter gleich construirter Tonmesser für die „eingestrichene“ Oktave vorhanden, welcher 65 Zungen in demselben Intervall fortschreitend enthielt. Melde bestimmte nun nach dem Gehör denjenigen Ton, welcher dem Tone des Streifens gleich war, beziehentlich eine seiner unteren Oktaven bildete. Je nachdem war dann die der Zunge zukommende Schwingungszahl mit derjenigen Potenz von 2 zu multipliciren, welche der Oktave entsprach. Die Streifenlänge war die halbe Wellenlänge, also die Fortpflanzungsgeschwindigkeit das Produkt aus doppelter Streifenlänge und Schwingungszahl. Die Zunge und die Oktavenzahl wurde mit dem Ohre bestimmt. Um namentlich die Ordnungszahl der Oktave sicher zu ermitteln, wurde eine Glasröhre und eine Kupfersaite mit dem Streifen zusammen zum Tönen gebracht und erstere solange verkürzt oder verlängert, bis alle drei Töne übereinstimmten. Es konnte dann aus der bekannten Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Glas und Kupfer die Tonhöhe sicher ermittelt werden. Eine fernere Controlle bestand darin, daß der Streifen durch die Mitte einer dünnen kreisrunden Korkscheibe hindurchgesteckt und durch Kolophoniumfitt mit ihr verbunden wurde. Dann wurde über die eine Hälfte der schwingenden Lamelle eine Glasröhre geschoben und dieselbe durch einen Stopfen, der die Lamelle mittelst eines Messingdrahtes festhielt, an der einen Seite verschlossen, während das andere Ende durch jene Korkscheibe lose verschlossen war. Sobald die Lamelle angestrichen wurde, gab Korkseile sehr schöne Kundt'sche Staubfiguren, welche die Tonhöhe zu controlliren gestatteten. Um endlich die Spannung des Streifens angeben zu können, wurde vor dem Schließen der zweiten Messingklemme der Streifen mit Gewichten belastet und dann erst die Klemme zugeschraubt.

Melde untersuchte 42 membranöse Körper, welche er in Gruppen ordnete. Diese sind: 1. ungefärbte Papiere, 2. gefärbte und imprägnirte Papiere, 3. Schnüre und Bänder, 4. verschiedene Leinwandsorten, 5. Hölzer, 6. Leder und Pergament, 7. Metalle. Bei Papieren fand sich eine sehr hohe Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Sie schwankt von 2705 m bis 1617 m, beträgt also

im Mittel ungefähr 2200 m, was der Schallgeschwindigkeit in Zinn ungefähr gleichkommt. Die Geschwindigkeit scheint mehr von dem Material, aus dem das Papier gemacht ist, als von seiner Festigkeit abzuhängen; so wies z. B. Seidenpapier die größte Zahl auf, nämlich 2705 m, gegen 2107 m für feines Schreibpapier oder 2153 für Zeichenpapier (Whatman). Die geringste Fortpflanzungsgeschwindigkeit zeigte Löschpapier und Strohpapier mit 1627 m und 1617 m.

Besonders interessant ist die zweite Gruppe. Sie enthält gefärbte und imprägnirte Papiere und zwar solche, welche zum Durchpausen und Copiren von Zeichnungen oder Schriften benutzt werden. Bei allen diesen Papieren ist der Farbstoff oder der imprägnirende Körper nur lose mit dem Papier verbunden und läßt sich durch Wischen mit dem Finger leicht entfernen. Daß durch diese locker auf dem Papier sitzenden Theilchen die Schallgeschwindigkeit vermindert wird, ist einleuchtend. So finden wir die größten Zahlen bei Silberpapier und gelbgefärbtem Delcarton mit 2575 m und 2368 m. Auch einseitig gefärbtes rothes Buntpapier besitzt noch eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 2339 m, während schwarzes (Satiné) nur 1962 m aufweist. Bemerkenswerth ist, daß ein doppelter Belag die Geschwindigkeit mehr hindert als ein einfacher; einseitig schwarzes Copirpapier zeigt 1579 m gegen 1417 m bei zweiseitigem.

Viel größer sind die Schwankungen schon bei den Schnuren und Bändern. Hier zeigt gelbes Atlasband bei 1000 g Belastung 2015 m, bei 500 g 1925 m Geschwindigkeit, während dreifarbiges seidenes Rippsband nur 953 m und 758 m bei denselben Spannungen ergab. Melde führt dies zurück auf die Quersäden, welche bei den Rippsbändern besonders stark auftreten und die Fortpflanzung des Longitudinaltons besonders hindern müssen. Es ist ferner hier der Einfluß der Spannung zu beachten, der sich auch bei andern Körpern dieser Gruppe zeigt.

	Spannung	Geschwindigkeit
Leinene Schnur	2000 g	1942 m
"	1000 g	1815 m
Baumwollenschnur	1500 g	1425 m
"	1000 g	1260 m
Mouffelinstreifen	500 g	1216 m
"	300 g	1126 m.

Sehr stark zeigt sich der Einfluß fremder, als Ballast wir-

fender Körper bei der vierten Gruppe. Hier schwanken die Zahlen von 3068 m für Pausleinwand bis 423 m für weißgraues Kautschuktuch. Die hohe Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch den ersten Körper erklärt Melde damit, daß er annimmt, daß das Wachs oder der imprägnirende Körper wirklich in den ganzen Stoff eingedrungen ist, so daß die Verbindung beider Stoffe als ein ganz neuer Körper aufzufassen wäre.

Die große Geschwindigkeit, mit der sich der Schall in Hölzern fortpflanzt ist ja bekannt. Bisher waren diese nur in Form von Stäben untersucht worden, Melde verwendet Hobelspähne und findet Geschwindigkeiten, welche zwischen den Grenzen 4179 m für Tannenholz und 3159 m für zusammengedrehtes Palmenblatt liegen.

Wieder viel niedriger und unter sich sehr verschieden sind die Zahlen für verschiedene Leder- und Pergamentsorten. Die größte Geschwindigkeit weist hier Pergament aus Frankreich auf mit 1860 m, die kleinste rothes Schafleder mit 471 m. Merkwürdig gering ist die Geschwindigkeit in einem Darmstreifen, nämlich 1359 m.

Von Metallen wurde nur ein Magnesiumstreifen untersucht, der 4602 m ergab.

Auf eine sehr einfache und zweckmäßige Weise haben R i g a r = M e n z e l und K a p s ¹⁾ die Bewegungen schwingender Saiten untersucht. Außer H e l m h o l z hat Niemand mit bedeutenderem Erfolg diese schwierige Frage zu erörtern gesucht. Dieser wandte sein Vibrationsmikroskop ²⁾ an, und fand die bekannten Zickzacklinien als Bewegungsform für die beobachteten Punkte. Seitdem sind mit verschiedenen Erfolgen andere Methoden zur Beobachtung dieses Bewegungszustands verwendet worden, beachtenswerthe Resultate erzielten jedoch erst die beiden Verfasser auf dem von ihnen eingeschlagenen Wege. Mit einer elektrischen Lampe wurde ein Spalt stark beleuchtet. Von diesem Spalt wurde durch ein Linsensystem ein Bild in derjenigen Ebene entworfen, in welcher eine mit dem Bogen angestrichene Saite schwang. Die Saite stand senkrecht zur Spaltrichtung und erzeugte in folge dessen im Spalt einen dunkeln Punkt. Von diesem und dem Spaltbild wurde nun abermals ein Bild auf einer rotirenden Trom-

1) Wied. Ann. 44. S. 623. 1891.

2) Helmholtz Tonempfindungen. 4. Aufl. S. 137. 1877.

mel entworfen, die mit sehr empfindlichen Bromsilber-Gelatine-Papier überzogen war, und überall da, wo das Licht des Spaltes hinfiel, geschwärzt wurde, während der von der Saite herrührende dunkle Punkt weiß erschien. So erhielt man die Schwingungscurve weiß auf dunklem Grunde vom Apparat auf das genaueste aufgezeichnet. Die Trommel befand sich in einem luftdicht schließenden Kasten und wurde durch einen regulirbaren Momentverschluß gerade solange beleuchtet, als sie zu einer einmaligen Umdrehung brauchte. Um über die Partialtöne genügenden Aufschluß zu erhalten, wurden fünf Gruppen von Beobachtungen angestellt. Die erste sollte die ungeradzahligten Partialtöne, also diejenigen Töne, deren Knotenpunkt in den ungeradzahligten Theilpunkten ($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{7}$ u. s. w.) der Saite liegen, analysiren; es wurde daher die Mitte der Saite, welche für diese Töne stets die Mitte eines Schwingungsbauchs ist, beobachtet, während die Stelle des Anstreichens beliebig war. Legte man zweitens den Beobachtungspunkt in das erste Drittel der Saitenlänge, so war dieser Punkt in der Nähe der Mittelpunkte aller Schwingungsbauche der geradzahligten Partialtöne. Bei einer dritten Gruppe wurde ein Punkt am Ende der Saite ($\frac{1}{15}$ der Länge) beobachtet. Dieser zeigt alle Partialerschwingungen gleichzeitig und zwar alle mit übereinstimmend gerichteten Amplituden, so lange der Beobachtungspunkt noch innerhalb der ersten stehenden Welle liegt, was hier überall der Fall war. Da das photographische Bild die Umkehrung des wirklichen ist, d. h. da die Bewegung im Bilde abwärts gerichtet ist, wenn sie in Wirklichkeit nach oben geht und umgekehrt, so liefert diese Methode die Bewegung eines Punktes, zu welcher die des beobachteten Punktes das Spiegelbild ist. Dieser Punkt ist aber der zum Beobachtungspunkt symmetrisch gelegene. Für die benutzte Anordnung hat nämlich die Entfernung eines Punktes aus der Ruhelage den Werth:

$$y = \sum_{a=1}^{\infty} \left[A_a \sin a \pi \frac{1-x}{l} \right] \sin a \pi t$$

wo l die Saitenlänge, x den Abstand des Beobachtungspunktes vom Saitenende, t die Zeit, n die Zahl der in 2π Secunden ausgeführten Grundtonschwingungen und A_a die Amplitude der a ten Partialerschwingung bedeutet. Dieser Ausdruck ist aber gleichwerthig mit:

$$y = \sum_{a=1}^{\infty} \left[(-1)^{a-1} A_a \sin a \pi \frac{x}{l} \right] \cdot \sin a \pi t;$$

d. h. aber die Entfernungen aus der Ruhelage für die Punkte x und $l-x$ sind zu gleichen Zeiten entgegengesetzt gleich, und das photographische Bild des Punktes $l-x$ macht die Bewegung des Punktes x , sonach seines symmetrisch gelegenen Punktes. Beobachtet man also $l-x$ und streicht x an, so erhält man als photographisches Bild die Bewegung des angestrichenen Punktes selbst. Diese Beobachtungen bilden die vierte Gruppe. Die fünfte Gruppe gibt die Bewegung beliebiger Punkte, wenn immer nahe am Ende gestrichen wurde.

Die Photogramme der ersten drei Gruppen zeigen nun sofort übereinstimmend, daß diejenigen Partialschwingungen, welche in der Nähe der Streichstelle einen Knoten haben, besonders stark ausgebildet sind. Sie werden dargestellt durch die den großen Wellenzügen anhaftenden kleinen Zäckchen, deren Zahl mit der Zahl des Partialtons übereinstimmt, wie beifolgende Zeichnung erkennen läßt (Fig. 8 a, b, c, d). Streicht man ferner im Knoten selbst an, so erhält man plötzlich keine Partialschwingung mehr, die Curve bildet einen vollkommen glatten Zug und die Zacken sind verschwunden (Fig. 8, e, f, g).

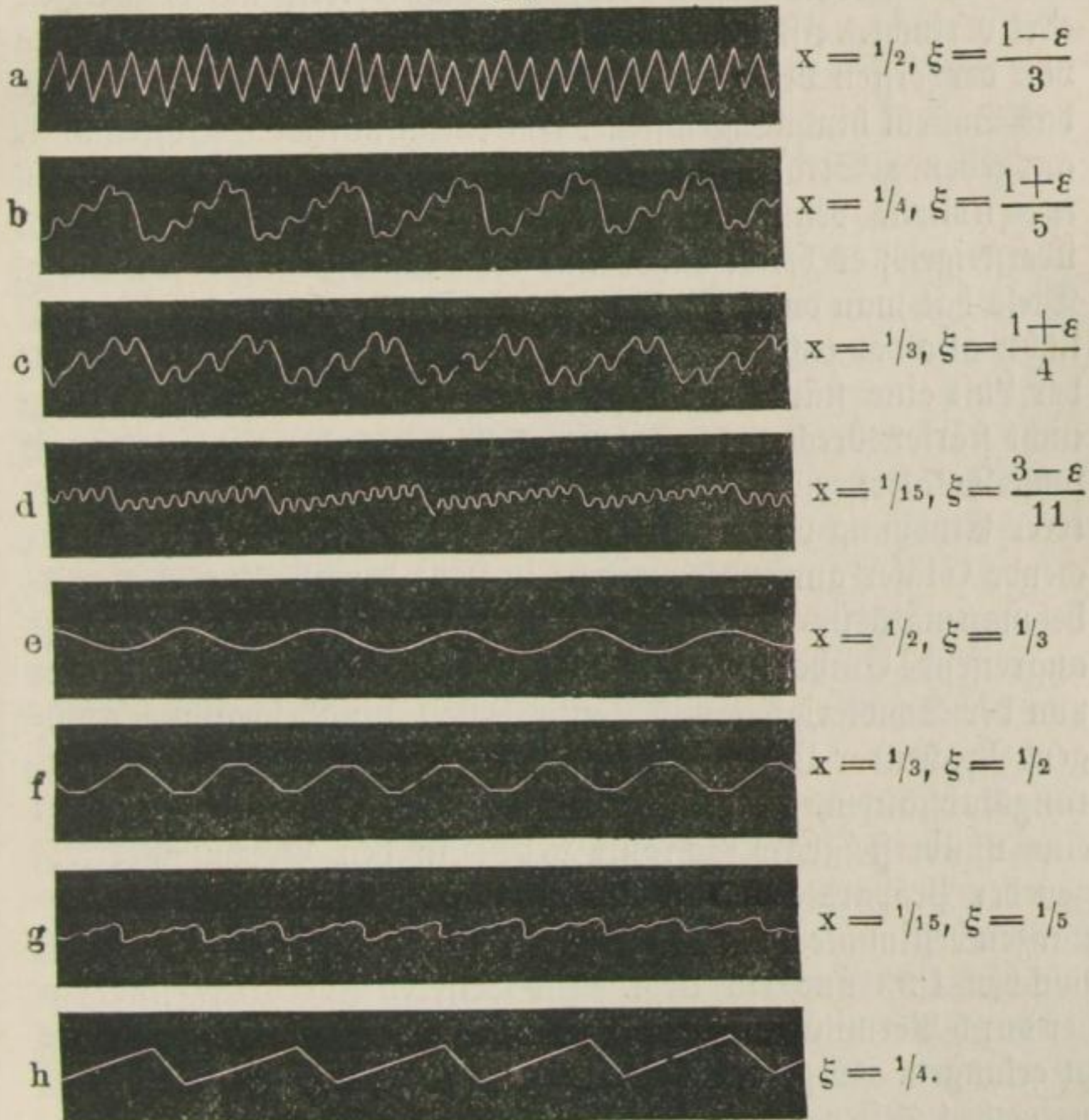
Besonders einfach ist die Bewegung des angestrichenen Punktes ξ selbst. Dieser wird durch den Bogen mitgenommen, bis er infolge der Spannung der Saite abreißt. Sodann schnellst er plötzlich oder mit etwas Reibung am Bogen nach unten und wird von Neuem erfaßt, um die Bewegung zu wiederholen. Dem ersten Theil der Bewegung entspricht die langsam ansteigende Linie, dem zweiten der steile Abfall (Fig. 8 h). Es hat sich hier noch herausgestellt, daß in Knotenpunkten einfacher Partialtöne das Verhältniß der Projectionen der beiden schrägen Geraden gleich der Zahl des Tons ist, oder gleich dem Verhältniß, in welchem die Saitenlänge durch den Bogen getheilt wird. Für genaueres Studium wird auf die Originalabhandlung und die 64 ihr beigegebenen Photogramme verwiesen.

Optik.

Ueber die voraussichtlichen Grenzen der Leistungsfähigkeit des Mikroskopes hat sich S. Czapski verbreit-

tet² in einem bemerkenswerthen Aufsatze¹⁾. Er geht dabei aus von der Formel, welche sowohl v. Helmholtz als Abbe auf verschiedenen Wegen gewonnen haben, nämlich, unter Voraussetz-

Fig. 8.



x = Entfernung des beobachteten Punktes

ξ = Entfernung der Streichstelle vom Endpunkt der Saite in Bruchtheilen der Saitenlängen

$\varepsilon < 1/20$ der Saitenlängen.

ung schiefer Beleuchtung, $\delta = \lambda/2 \alpha$, wo λ die Wellenlänge des wirksamen Lichtes, α die Apertur des Systems und δ den Abstand zweier Elemente einer Structur, beispielsweise zweier Linien, be-

1) Biolog. Centralbl. XI, S. 609; Auszug in der Naturwissensch. Rundschau VI, S. 653.

deutet. Für centrale Beleuchtung ist $\delta = \lambda/\alpha$. Die zu lösende Aufgabe, möglichste Verkleinerung von δ , läßt sich nun sowohl durch Vergrößerung der Apertur α , als durch Verkleinerung der Wellenlänge λ bewirken.

Die Vergrößerung von α hat man bereits auf verschiedene Art versucht. Ist nämlich n der Brechungsindex des Mediums vor der ersten Linse, u der Winkel, welchen der äußerste durch das System hindurchgelassene, von einem mittleren Objectpunkte ausgehende Strahl mit der Achse des Systems bildet, so ist $\alpha = n \sin u$. Nun kann u aus geometrischen Gründen 65° nicht übersteigen; es bleibt daher nur die Vergrößerung von n übrig. Diese hat man durch Einführung der Immersion zu erreichen gesucht, also dadurch, daß man zwischen Object und Linse, anstatt der Luft eine stärker brechende Flüssigkeit einführt, die indessen nicht stärker brechen darf als das Deckglas des Objectes, weil sonst Totalreflexion eintritt. Man könnte allerdings behufs weiterer Erhöhung von n statt der üblichen Deckgläser stärker brechende Gläser anwenden, wie sie in Jena hergestellt werden, wobei man natürlich eine gleichfalls stärker brechende, das Glas nicht angreifende Einbettungssubstanz verwenden muß. Abgesehen aber von der Schwierigkeit und Kostspieligkeit der Beschaffung genügend brechender Immersionsflüssigkeiten, Deckgläser und Einbettungssubstanzen, ist dem weiteren Fortschritt auf diesem Wege eine unübersteigbare Schranke gesetzt in den Brechungsvermögen der Präparate und in dem Umstande, daß organische Substanzen bestimmte Medien verlangen, deren Brechungsindex meist zwischen 1.33 und 1.6 liegt. Die weiteren Fortschritte sind daher durch Verminderung der Wellenlänge λ des wirksamen Lichtes zu erlangen. Gegenwärtig wird gewöhnlich diffuses Tageslicht verwendet, dessen größte Intensität bei der Wellenlänge $\lambda = 0.55\mu$ liegt. Könnte man bloß blaues Licht von der Wellenlänge $\lambda = 0.44$ verwenden, so würde dies einer Vergrößerung der Apertur von 1.40 auf 1.75 gleichkommen. Von verschiedener Seite, auch durch v. Helmholtz ist auf die Photographie hingewiesen worden als ein Hilfsmittel, um Lichtstrahlen von kurzer Wellenlänge anschaulich zu machen. Diese Verwendung der Photographie ist indessen ebenfalls an Bedingungen geknüpft, deren Verwirklichung nur bis zu einer gewissen Grenze möglich ist: die Einstellung des Mikroskopes kann nur mit den sichtbaren Farben erfolgen; muß aber

für die chemisch wirksamen genau sein, was durch die Construction apochromatischer Gläser erreicht wird; die Lichtstrahlen von größerer Wellenlänge müssen ausgeschlossen werden, damit ihr Bild nicht das der Strahlen von kurzer Wellenlänge überdecke; dazu muß die angewandte Lichtquelle das Licht von kurzer Wellenlänge in genügender Intensität geben, die photographische Platte muß ausreichend empfindlich sein und alle Medien zwischen der Lichtquelle und der photographischen Platte müssen die Strahlen von kurzer Wellenlänge durchlassen. Im letzteren Punkte stehen wir aber wie es scheint, der Grenze des Erreichbaren bereits sehr nahe. Gewöhnliche Gläser lassen nur einen sehr kleinen Bruchtheil des Lichtes von der Wellenlänge $\lambda = 0.3 \mu$ durch, und Czapski vermuthet, daß die Anwendung von Licht von der Wellenlänge $\lambda = 0.35 \mu$ das Aeußerste ist, was man in absehbarer Zeit zu erreichen hoffen kann. Die Anwendung von $\lambda = 0.35 \mu$ statt $\lambda = 0.55 \mu$ würde aber mit einer Vergrößerung der Apertur von 1.40 auf 2.20 gleich bedeutend sein. Bei centraler Beleuchtung würde man dann noch Strukturen auflösen können, welche auf der Länge von 1 mm 4000 Elemente enthalten, deren Abstand also 0.25μ beträgt, während gegenwärtig bei weißem Lichte und der Apertur 1.40 die entsprechenden Werthe 2545 und 0.30μ sind.

Platinspiegel auf Glas werden von Gebr. Dodé in Paris auf folgende Weise hergestellt: ein Gemisch von Platinchlorür in Lavendelöl wird auf die Glasstafel gestrichen,¹⁾ welche dann im Muffelofen bis zur beginnenden Rothgluth erwärmt wird, wodurch das Platin in die Oberfläche des Glases eingebrannt wird. Die Glasplatten reflectiren bei von vorn kommenden Licht, sind aber durchsichtig bei Beleuchtung von hinten.

Von zweckmäßigen Apparaten zu optischen Versuchen sind noch zu erwähnen die durchsichtigen Farbkreisel, welche Spieß²⁾ empfiehlt. Es wird nämlich in den meisten Lehrbüchern als Grund für die Unreinheit des Weiß bei der Mischung aus den Regenbogenfarben durch einen in farbige Sektoren getheilten, rotirenden Kreisels entweder der Mangel an reinen Farben oder die Unmöglichkeit, die continuirlich ineinanderlaufenden

1) G. Tissandier in La Nature XIX, p. 239.

2) Zeitschrift für physikal. und chem. Unterricht. Jahrg. IV, S. 142, 1891.

unendlich vielen Farben des Spectrums auf den Kreisel aufzutragen, angegeben. *Spieß* bestreitet die Richtigkeit beider Gründe, indem er gegen den ersten einwendet, daß die weißgraue Farbe dieselbe sei, welche man erhält, wenn man über einem Blatt weißen Papiers einen durchbrochenen Schirm rotiren ließe. Die Menge des diffus reflectirten Lichtes ist insolge der Absorption durch das Papier zu gering, um reines Weiß zu geben. Das Fehlen von Spectralfarben kann ebenfalls als Grund nicht herangezogen werden, da man ja bereits aus zwei Farben reines Weiß mischen kann. *Spieß* empfiehlt nun, den Versuch mit einem farbigen Kreisel anzustellen und zu diesem Zwecke farbige Sektoren aus Glas oder noch einfacher aus Gelatine auf Glas zu fitten. Dreht man einen solchen Kreisel vor einer Blende in der Weise, daß das Licht immer nur durch einen Sector fällt und läßt den Kreisel rasch rotiren, so erhält man ein recht gutes Weiß, da die Absorption nicht so groß ist und man unwillkürlich die benachbarten Stellen des Projectionsschirmes zum Vergleich heranzieht.

Unter den von *Antolik* angegebenen Schulversuchen aus der Optik seien hier zwei genannt. Mit Hilfe eines verbesserten Zerstäubers stellt er nämlich sehr schöne Regenbogen her, indem er Sonnenstrahlen in das verdunkelte Auditorium fallen läßt und die Wasserwolke so in diese hineinbläst, daß der Beschauer zwischen Wolke und Sonne steht. Da zu diesem Zwecke größere Wassertropfen gebraucht werden als die gewöhnlichen Zerstäuber liefern, so stellt *Antolik* folgenden Apparat her. In eine weite mit Wasser gefüllte Röhre ist eine U-förmig gebogene enge Glasröhre so eingesetzt, daß sie mit beiden Enden aus dem Wasser ragt. Durch den das ganze Gefäß verschließenden Kork gehen nun zwei Röhren. Die eine ist in eine Spitze ausgezogen, reicht bis fast auf den Boden des Gefäßes und umschließt den einen Schenkel der gebogenen Röhre. Die andere ist nur kurz und steht dem andern Schenkel des U-Rohres genau gegenüber. Bläst man in die letzte kurze Röhre, so entsteht eine Wolke von genügend großen Tropfen.

Um ferner Mond- und Sonnenhöfenachzuaehmen, reibt er eine gut gereinigte Glasplatte mit Unschlitt sorgfältigst ein und streut *Hykodiumpolver* darauf. Der nicht haftende Rest wird abgeschüttelt. Die Glasplatte wird dann erwärmt und gegen eine brennende Kerze gehalten. Zeigt sich hier der gewünschte Er-

folg, d. h. sieht man 3 bis 4 farbige Ringe, so deckt man eine zweite Glasplatte darüber und verkittet beide Platten mit Siegellack. Der Mond zeigt dann durch diese Platte Höfe, welche an Schönheit und Klarheit die gewöhnlichen Mondhöfe weit übertreffen. Schwärzt man die Platte, so zeigt sich diese Erscheinung auch bei der Sonne.

Ueber den Einfluß der Concentration einer Lösung auf das Absorptionsspectrum sind zwar verschiedene Arbeiten vorhanden; doch ist die Frage, ob neben der Zahl der absorbirenden Moleküle auch ihre Vertheilung im Lösungsmittel einen Einfluß auf die Helligkeit und den Charakter des Spectrums übt, noch wenig untersucht worden. „Und doch ist“ wie D. Knoblauch bei Veröffentlichung einer hierauf bezüglichen Arbeit¹⁾ bemerkt, „diese Frage von besonderem Interesse, namentlich wenn die Verdünnung bis zu möglichst weiten Grenzen ausgedehnt wird. Denn der Grad der Vertheilung der Moleküle übertrifft in den verdünnten Lösungen vielfach bei weitem denjenigen im Gaszustande unter Atmosphärendruck, und es werden in ihnen daher die Eigenschaften des isolirten Moleküls besonders deutlich zum Ausdruck kommen. Durch die experimentelle Bestimmung der Absorption der verdünnten Lösungen ist also gleichzeitig die Möglichkeit gegeben, weitere Schlüsse über die in den Molekülen wirksamen Kräfte zu ziehen.“

Knoblauch hat nun eine Reihe von Körpern mit möglichst weiten Concentrationsunterschieden spectralanalytisch untersucht; er hat beispielsweise Concentrationen angewandt, die sich wie 18000 : 1 verhielten. Die Intensität des durch eine absorbirende Lösung hindurchgegangenen Lichtes hängt nun bei einer bestimmten Temperatur ab von der Wellenlänge, von der Concentration der Lösung und von der Dicke der absorbirenden Schicht. Wenn eine Veränderung des Concentrationsgrades nur eine andere Vertheilung der gelösten Substanzen zur Folge hat, ohne die Eigenschaften der Moleküle übrigens zu beeinflussen, so wird eine Vergrößerung der Concentration keine andere Wirkung haben, als eine Vergrößerung der Schichtdicke, und die Aenderung der Lichtintensität einer bestimmten Wellenlänge ist einfach proportional der Concentration.

1) Wiedemann's Ann. Bd. 43, S. 738. 1891.

Dies ist das von Beer aufgestellte Gesetz, welches von vielen Forschern durch photometrische Messungen geprüft und, allerdings nur innerhalb nicht zu weiter Concentrationsgrenzen bestätigt gefunden worden ist, auf welches auch Bierordt eine quantitative spectralanalytische Methode gegründet hat. Sicherer als durch bloß photometrische Messungen läßt sich dieses Gesetz durch die Spectralanalyse prüfen, indem man in den Absorptionsspectren verschiedener Concentration einer gelösten Substanz entweder die Grenze der totalen Absorption oder die Lage und Breite eines Absorptionstreifens bestimmt. Compensirt man die Verminderung der Concentration durch Vergrößerung der Dicke der absorbirenden Lösung, so daß der Lichtstrahl derselben Anzahl von Molekülen begegnet, so muß, wenn das Beer'sche Gesetz richtig ist, das Spectrum ungeändert bleiben, während sich Abweichungen von diesem Gesetze durch Verschiebung der Grenzen der totalen Absorption oder der Absorptionstreifen kund geben müssen.

In neuerer Zeit hat nun Arrhenius¹⁾ zur Erklärung vieler Erscheinungen, welche man in stark verdünnten Lösungen beobachtet, die Hypothese aufgestellt, daß in solchen Lösungen die Moleküle in ihre Ionen gespalten seien. Knoblauch hat nun diese Hypothese an den Absorptionsercheinungen verdünnter Lösungen solcher Salze geprüft, welche große Absorptionscoefficienten besitzen. Ausgeschlossen wurden aber Substanzen, bei denen in stark verdünnter Lösung Hydratbildung oder eine Hydrolyse eintritt.

Bei den Versuchen wurde das Absorptionsspectrum einer 8 m dicken Schicht der verdünnten Lösung einer gewissen Substanz verglichen mit dem Absorptionsspectrum einer 0.12 bis 1.8 cm dicken Schicht concentrirter Lösung. Die verdünnte Lösung befand sich in drei durch ebene Glastafeln geschlossenen Röhren von 3m und 2m Länge. Durch diese Röhren wurde ein Theil der mit Hilfe einer Linse parallel gemachten Strahlen einer elektrischen Bogenlampe gesandt, die dann nach einem drehbaren Spectroskop gelangten; ein anderer Theil dieser Strahlen wurde durch eine geneigte Glasplatte zwischen Linse und Röhre nach einem Spiegel reflectirt, der sie zu einem vor dem Spectroskop stehenden Troge sandte, in welchem sich die concentrirte Lösung befand. Durch einfache Drehung des Spectroskops konnte man so bald das Absorptionsspectrum der Strahlen, die durch

1) Siehe S. 115 dieses Bandes.

verdünnte Lösung in den langen Röhren gegangen waren, bald dasjenige der Strahlen beobachten, welche die concentrirte Lösung durchlaufen hatten. In jedem Falle wurden die Grenzen der totalen Absorption, sowie die Lage und Breite der Absorptionsstreifen mit Hilfe der Fraunhofer'schen Linien gemessen. Die Verdünnung wurde sehr weit getrieben, so daß in einzelnen Fällen die Vertheilung der Salzmoleküle in der Flüssigkeit analog war der Vertheilung der Moleküle in einem Gase unter dem Drucke von $\frac{1}{3800000}$ Atmosphären. Dem gegenüber mußte dann eine möglichst geringe Schichtdicke der concentrirten Lösung in Anwendung kommen, welche aber doch das der Substanz eigenthümliche Absorptionsspectrum erkennen ließ.

Als Lösungsmittel wurde nur Wasser verwandt.

Untersucht wurde zunächst Wasser, welches eine Absorption am rothen Ende und zwei Streifen zeigte, welches Absorptionsspectrum in allen verdünnten Lösungen austrat, so weit es nicht verdeckt wurde; ferner Pikrinsäure, Kaliumchromat, Kaliumbichromat, Kaliumferricyanid und Kupfersulfat. Alle diese Salze zeigten eine einseitige Absorption, und bei Pikrinsäure, Kaliumferricyanid und Kupfersulfat waren auch innerhalb weiter Concentrationsgrenzen keine Aenderungen des Spectrum erkennbar, während sich beim Chromat und Bichromat des Kaliums in stark verdünnten Lösungen eine Verschiebung der Absorptionsgrenze einstellte, welche Knoblauch auf Ausscheidung freier Chromsäure zurückführt.

Eine zweite Gruppe bildeten die Chromsalze: Chromchlorid, schwefelsaures, salpetersaures, essigsaures, oxalsaures Chromoxyd, Chromalaun und oxalsaures Chromoxydkali. Ihre Lösungen zeigten am rothen Ende einen charakteristischen auch bei starker Verdünnung sehr beständigen Absorptionsstreifen.

Ferner wurden drei Uransalze untersucht, welche zwei charakteristische Absorptionsstreifen und einen dritten in der violetten Absorption zeigten. Uranyl-Nitrat, Acetat und Chlorid ließen selbst in stark verdünnten Lösungen die Lage der beiden ersten Streifen stets erkennen.

Endlich wurden auch noch Eosinsalze, und zwar sowohl solche von Leichtmetallen (Natrium- und Kalium-Eosin) als solche von Schwermetallen (Silber-, Aluminium- und Kupfer-Eosin) untersucht. Es ergab sich dabei,

daß Natrium- und Kalium-Eosin etwas oberhalb der Con-

centration von 1 g im Liter ein anderes Spectrum besitzen, als in verdünnten Lösungen;

daß unterhalb dieser Concentration die Verdünnung weder bei diesen noch bei den übrigen Salzen eine Veränderung des Spectrums zur Folge hat;

daß unterhalb der Concentration von 1 g im Liter der für Eosinsalze charakteristische intensive Absorptionsstreifen für Salze derselben Gruppe — Salze der Leicht- und solche der Schwermetalle — nahezu die gleiche, für beide Gruppen verschiedene Lage besitzt;

daß aber auch in den äußersten Verdünnungen das Spectrum bei keinem Salze das Bestreben zeigt, in dasjenige eines Salzes der andern Gruppe überzugehen.

Wenn die Hypothese von Arrhenius richtig wäre, so müßte in stark verdünnten Lösungen, wo die Absorption durch die Ionen hervorgerufen würde, das Absorptionsspectrum ein anderes sein, als in concentrirten Lösungen, in denen die Moleküle wirksam sind. Auch müßte bei hinreichender Verdünnung das Absorptionsspectrum verschiedener Salze desselben gefärbten Metalles oder auch derselben gefärbten Säure das gleiche werden, insofern als in den dissociirten Lösungen der Salze das gleiche Ion die Absorption ausübt.

Diese Erwartungen haben in den Ergebnissen der Knoblauch'schen Versuche keine Bestätigung gefunden. Bei einer Reihe von Salzen hatte die Verdünnung einen solchen Grad erreicht, daß durch die elektrische Leitungsfähigkeit eine bereits weit vorgeschrittene Dissociation nachgewiesen wurde, aber eine Aenderung des Concentrationspectrums im Vergleich zu dem der concentrirten Lösung war nicht erkennbar. Bei den Eosinsalzen war die Verdünnung so stark, daß erst in Millionen von Litern ein Grammäquivalent des gelösten Salzes enthalten war; nach Arrhenius war also eine vollständige Dissociation der gelösten Moleküle anzunehmen und man hätte bei allen Eosinsalzen das gleiche Absorptionsspectrum vermuthen sollen. In Wahrheit besaß aber das Absorptionsspectrum in den verdünnten Lösungen der Leichtmetalle stets eine andere Lage als in denen der Schwermetalle.

Als Hauptergebnisse der Knoblauch'schen Arbeit kann man daher die drei Sätze hinstellen:

Das Beer'sche Absorptionsgesetz besitzt für Lösungen mancher Salze innerhalb sehr weiter Concentrationsgrenzen Gültigkeit; es zeigte sich bestätigt, selbst wenn der dem Salzgehalt entsprechende Gasdruck von $\frac{1}{3800000}$ Atmosphären bis zu 25 Atmosphären anwuchs.

Die Unterschiede im Absorptionsspectrum der Salze eines Metalles mit verschiedenen Säuren oder einer Säure mit verschiedenen Metallen bleiben selbst in sehr verdünnten Lösungen bestehen.

Die Folgerungen, welche sich aus der Dissociations-Hypothese von Arrhenius für die Absorptionsspectra ergeben, werden durch die Beobachtungen nicht bestätigt.

Von den verschiedenen anderen Arbeiten über Absorption und Absorptionsspectren sei hier zunächst noch eine Untersuchung von R. Dłszewski erwähnt, welcher das Spectrum des Sauerstoffs genauer untersuchte. Verschiedene Physiker haben den Sauerstoff theils im flüssigen, theils im gasförmigen Zustand untersucht und vier Absorptionsstreifen gefunden, die den Wellenlängen 628, 577, 535 und 480 entsprachen. Später wurden von Liveing und Dewar bei den Linien A und B zwei Streifen gefunden. Dłszewski untersuchte eine Sauerstoffsäule von 30 mm Dicke und 50 mm Höhe, welche in einer dünnwandigen Glasröhre bei $-184,4^{\circ}$, der Siedetemperatur des Sauerstoffs, über eine halbe Stunde lang flüssig erhalten werden konnte. Er fand zunächst den Streifen bei A nicht, jedoch den bei B. Die anderen vier Streifen fanden sich abermals. Dłszewski wirft nun die Frage auf, wie es möglich sei, daß eine farblose Flüssigkeit ein so ausgeprägtes Absorptionsspectrum besitzen könne, und findet die einfache Lösung, daß flüssiger Sauerstoff nicht farblos, sondern deutlich hellblau ist. Er hat dies früher schon wiederholt beobachtet, bei diesen Versuchen jedoch mit besonderer Deutlichkeit. Diese blaue Farbe rührte auch nicht von Ozon her, da sich Jodkaliumstärkekleisterpapier beim Aufbewahren in dem verwendeten Sauerstoff nicht färbte, sie muß also eine Eigenschaft des Sauerstoffs sein. Im Anschluß an diese Entdeckung spricht dann Dłszewski die Vermuthung aus, daß die blaue Farbe des Himmels sich am besten und einfachsten durch diese blaue Farbe

1) Wied. Ann. Bd. 42. S. 663. 1891.

des Sauerstoffs erklären lasse, die bis jetzt allerdings erst am flüssigen Sauerstoff nachgewiesen ist.

Für die Theorie der Spectralanalyse und besonders für ihre Anwendung auf die Himmelskörper, dürfte eine Abhandlung von Bringsheim¹⁾ außerordentlich bedeutungsvoll sein. Diese Bedeutung liegt vor allem in dem ersten Punkte seiner fünf aus der Untersuchung resultirenden Sätze, welcher lautet: „Es gibt keine gasförmige Lichtquelle, welche den Bedingungen des Kirchhoff'schen Absorptionsgesetzes genügt.“ Es fällt damit die Voraussetzung eines der wichtigsten Gesetze der Optik, dessen Consequenzen erwiesen sein mögen, welches aber nach Bringsheim's Versuchen eine unzutreffende Erklärung dieser Vorgänge gibt. Zunächst gilt dieses Gesetz, welches besagt, daß leuchtende Körper Licht derjenigen Wellenlänge besonders stark absorbiren, welches sie selbst aussenden, nicht für alle leuchtenden Körper, sondern nur für diejenigen, bei denen das Leuchten eine Folge der hohen Temperatur ist, d. h. bei denen die Lichtenergie aus der in der Flamme vorhandenen Wärme gewonnen wurde, und bei denen die absorbirte Energie sich ganz in Wärme umsetzt. Für andere Leuchtprocesse, z. B. für solche elektrischer oder chemischer Natur gilt das Gesetz nicht. Die gewöhnlichen Methoden, solche glühende Dämpfe herzustellen sind nun entweder die Flamme des Bunsenbrenners oder Geißler'sche Röhren. Die letzteren setzen elektrische Energie in Licht um, die ersteren enthalten in der Flamme zunächst keine leuchtenden Bestandtheile und zeichnen sich dadurch aus, daß die Verbrennungsprodukte lediglich Kohlenstoff und Wasserdampf sind. Bei der Verschiedenheit aller derartiger „nichtleuchtender“ Flammen und der Gleichheit der Farben- und Lichtintensität ist der Schluß sehr naheliegend, daß die Strahlung von der Temperatur ganz unabhängig ist und lediglich durch den chemischen Verbrennungsproceß hervorgerufen wird. Wenn nun in einer solchen Flamme ein fremder Körper, — Natrium — zum Glühen und die Flamme zum Leuchten gebracht wird, so kann dieses Leuchten ebenso gut durch die hohe Temperatur, wie durch die oxydierende Wirkung der Flamme, über welche kein Zweifel besteht, hervorgebracht sein. Schon E. Wiedemann²⁾ und W. Siemens³⁾

1) Wied. Ann. 45. S. 428. 1892.

2) Dies. 37. S. 215. 1888.

3) Dies. 18. S. 311. 1883.

haben ihre Bedenken dagegen ausgesprochen, daß man eine derartige Flamme als den Voraussetzungen des Kirchhoff'schen Gesetzes entsprechend ansieht, und Pringsheim glaubt jetzt den Nachweis geliefert zu haben, daß es wirklich keine Dämpfe gibt, welche durch die Temperatur allein zum Leuchten gebracht werden, sondern daß dieses Leuchten stets auf chemische Prozesse zu schieben ist. Schwerwiegend ist schon die unleugbar feststehende Thatsache, daß wir keinen einzigen Vorgang kennen, von dem wir mit Sicherheit sagen können, daß Gase durch bloße Temperatureinflüsse ohne elektrische oder chemische Vorgänge leuchten. Pringsheim hat nun zunächst den Natriumdampf mit der denkbar größten Sorgfalt und unter Berücksichtigung sämtlicher Einwände, die möglicherweise gemacht werden könnten untersucht und nachgewiesen, daß dieser selbst bei sehr hohen Temperaturen ohne chemische Vorgänge nicht leuchtet. Es wurde nämlich eine dünne und sehr lange Röhre von unglasirtem Porzellan in einem Chamotteofen so hineingelegt, daß ihre Mitte in der Länge von 22 cm von 4 Bunsenbrennern erhitzt wurde. Diese wurden mit erhitzter Luft gespeist und besaßen einen Durchmesser von 2 cm, so daß sie, je nach dem Gasdruck, eine Temperatur erzeugten, welche zwischen dem Schmelzpunkt des Goldes und des Feldspath's lag. Die Enden des Porzellanrohres waren gekühlt und mit luftdicht aufgesetzten Glasfenstern verschlossen, durch welche man hindurchsehen konnte. An das eine derselben war ein Messingrohr angefügt, welches zu einem Bierwegehahn führte, welcher es entweder mit einer Luftpumpe, mit einem Stickstoff- oder einem Kohlen säurebehälter zu verbinden gestattete. Das Innere der Röhre konnte man nun entweder auf Absorption oder auf Emission spectroscopisch untersuchen. Zu dem ersteren Zwecke war eine Argandlampe hinter dem Rohre aufgestellt. Die Beobachtungen geschahen mit zwei Spectroskopen, von denen das eine zwei Rutherford'sche Prismen besaß und die beiden Natriumlinien deutlich trennte; das andere war für gerade Durchsicht eingerichtet, und erhielt sein Licht von einem vor dem Rohre aufgestellten Prisma durch totale Reflexion. Dieses letztere besaß kleinere Dispersion und zeigte die Linie D nur einfach. Da man das totalreflektierende Prisma vom Beobachtungsort aus beliebig vor das Porzellanrohr bringen oder beseitigen konnte, so war es möglich mit kleiner oder großer Dispersion, je nach Bedürfnis, zu arbeiten.

Pringsheim untersuchte zunächst Natriumsalze. Diese wurden in einem Porzellanstückchen in die Röhre eingeführt. Es war nun gleichgültig ob in Luft, in Kohlensäure oder in Stickstoff gearbeitet wurde, es war selbst bei den höchsten Temperaturen weder im Emissions- noch im Absorptionsspectrum etwas von der Linie D zu sehen. Dagegen lieferte metallisches Natrium sofort die Linie in beiden Spectren sowohl im Stickstoff als auch in Luft. Es war nun zu untersuchen, ob die hier auftretenden Linien durch den glühenden Dampf entstanden oder eine Folge von chemischen Umsetzungen waren, was um so eher zu vermuthen war, als das Porzellanrohr in der Weise angegriffen wurde, daß sich ein brauner glasiger Ueberzug bildete, welcher metallisches Silicium und Natriumsilicate enthielt, also zeigte, daß das Natrium das Porzellan reducirt und ihm einen Theil seines Sauerstoffs geraubt hatte.

Zu diesem Zwecke wurden kalte Flammen angewendet. Ist nämlich das Natriumlicht nur durch die Temperatur erzeugt, so muß es in kalten Flammen bei derselben Minimaltemperatur auftreten, wie im Ofen. Als solche kalte Flamme wurde Schwefelkohlenstoff mit Luft vermischt benutzt und man konnte die Temperatur so weit heruntersinken, daß man ruhig den Finger in die Flamme halten konnte. Die Flamme sah blau aus und hatte an ihrer heißesten Stelle eine Temperatur zwischen 114° und 146° . Brachte man durch Einspritzen in den Luftstrom irgend ein Natrium Salz in die Flamme, so ergab sich bei diesen Temperaturen noch keine Spur von Leuchten, und erst als mit Hilfe einer Regulirvorrichtung die Flamme auf 1322° bis 1357° gebracht war, zeigte sich eine schwachgelbe Farbe unter der Spitze, die durch die geringste Veränderung der Schwefelkohlenstoffzufuhr sofort verschwand. Metallisches Natrium fing im Ofen schon bei 1050° bis 1080° an zu leuchten, doch schien bei beiden Zahlen die Genauigkeit eine sehr geringe, so daß sie kaum vergleichbar sein werden, jedenfalls aber leuchten die Salze in der Flamme bei Temperaturen, bei denen sie im Rohre in neutralen Salzen keine Spur von Lichtemission zeigen. Die Hitze der Flamme hat demnach nicht die Wirkung die Salze zu zersetzen und dann glühenden und leuchtenden Natriumdampf zu erzeugen, weil in der Röhre diese Wirkung nicht eintritt, sondern das Leuchten der Flamme ist eine chemische Wirkung und auf die Reduction der Salze durch die Kohlentheile der Flamme zurückzuführen.

Um dies ganz sicher festzustellen, wurde versucht durch Reduction der Salze im Ofen das Leuchten hervorzurufen. Es wurde nämlich der Apparat so abgeändert, daß die Porzellanröhre je nachdem mit einer Luftpumpe, Kohlensäure, Wasserstoff, Leuchtgas oder atmosphärischer Luft verbunden werden konnte, was durch einen Zweivegehahn und einen Vierwegehahn ermöglicht wurde. Dann zeigte sich, daß ein Porzellanrohr, welches vorher zu Versuchen mit metallischem Natrium benutzt worden war, mit Luft, Kohlensäure, Stickstoff gefüllt, oder auch im Vacuum erhitzt keine Linie zeigte, jedoch die Erscheinung sehr deutlich auftreten ließ, sobald man Wasserstoff oder Leuchtgas einführte. Es wurde eben das Natriumsilicat zersetzt und es genügten ganz geringe Mengen Wasserstoff um die Linie hervorzurufen. Dasselbe war der Fall bei einer neuen Porzellanröhre, die mit den verschiedensten Salzen gefüllt war. Ebenso wirkten Eisen- und Holzkohle. Noch deutlicher wurde die Richtigkeit dieser Auffassung, als durch eine sinnreiche Vorrichtung die Reduction plötzlich unterbrochen wurde. Es trat dann eine ebenso plötzliche Veränderung der Linien auf, welche den engen Zusammenhang der Spectralerscheinung mit dem chemischen Vorgang aufs deutlichste zeigten. Hier zeigte sich auch bei Versuchen mit Kohlensäure und im Vacuum, daß das metallische Natrium sein eigenes an der Porzellanwand befindliches Salz zu reduciren im Stande ist, wodurch immer neues Natrium frei wird, das die Reduction von Neuem bewirkt.

Es muß natürlich als ein schwerer Entschluß erscheinen, ein Gesetz in seinen Grundlagen zu erschüttern, welches eine solche Bedeutung besitzt wie das Kirchhoff'sche Absorptionsgesetz, und welches nebenbei als theoretisch bewiesen gelten muß. Es ist aber dabei nicht zu übersehen, daß alle die Versuche, mit denen das Gesetz gewöhnlich experimentell bewiesen wird, wie die Umkehr der Natriumlinie oder gar die Erscheinung der Fraunhofer'schen Linien, höchstens als eine quantitative Bestätigung des Gesetzes gelten können, aber niemals seine theoretische Grundlage erweisen werden. Es ist auch bei Kirchhoff's Gesetz an keiner Stelle nachgewiesen, daß es nur für „Temperaturstrahlungen“ gilt und nicht auch für chemische oder elektrische. Im Gegentheil läßt sich durchaus kein Grund einsehen, warum die Resonanz der Schwingungen und der daraus folgende Zusammenhang von Emission und Absorption von dem Vorgang abhängig sein soll, welcher

diese Schwingungen erzeugt, sobald diese Schwingungen als regelmäßige einmal feststehen. Jedenfalls aber liefern die hier beschriebenen Versuche den Beweis, daß die Uebereinstimmung von Emission und Absorption auch für Schwingungen gültig ist, welche ihre Entstehung, mindestens der Hauptsache nach, chemischen Processen und nicht der hohen Temperatur verdanken, und es erscheint daher begründet, wenn Pringsheim an den Schluß seiner Arbeit folgende vier Thesen stellt:

1. Es gibt keine gasförmige Lichtquelle, welche den Bedingungen des Kirchhoff'schen Gesetzes genügt.

2. Natriumsalze in Flammen leuchten nur in Folge von chemischen Processen. (Reduction.)

3. Metallisches Natrium in neutralen Gasen erhitzt, leuchtet nur in Folge von chemischen Processen.

4. Die Annahme, daß Gase durch bloße Temperaturerhöhung leuchten können, ist eine weder aus experimentellen noch aus theoretischen Gründen nothwendige Hypothese.

Im 27. Bande dieses Jahrbuchs sind die werthvollen Versuche Wieners über stehende Wellen mitgetheilt worden, welche unter anderem den Nachweis lieferten, daß polarisirtes Licht senkrecht zur Polarisationssebene schwingt. Jetzt erinnert Lommel an Versuche, welche er 1879 bereits angestellt hat¹⁾ und zieht daraus dieselben Folgerungen²⁾ wie Wiener. Er geht davon aus, daß die partiellen Differentialgleichungen für transversale Schwingungen zweierlei periodische Schwingungen von gleicher Schwingungsdauer darstellen, welche zu einander senkrecht erfolgen. Diese haben z. B. in der elastischen Lichttheorie die Bedeutung der Verschiebung der Aethertheilchen und der elastischen Kraft, welche die Aenderung der Fortpflanzungsrichtung bewirkt. Beide Erscheinungen sind Schwingungsercheinungen, und die eine erfolgt in der Polarisationssebene, die andere dazu senkrecht. Es fragt sich nun, welche der beiden Schwingungen die lichterregende, also die „Lichtschwingung“ ist. Diese Frage

1) Wied. Ann. 8. S. 634. 1879.

2) Dies. 44. S. 311. 1891.

wird an der Hand der früher angestellten Versuche dahin beantwortet, daß die Lichtschwingungen senkrecht zur Polarisationsebene erfolgen. Diese Versuche wurden an rothem Magnesiumplatin-cyanür, welches in quadratischen Säulen krystallisirt, angestellt. Läßt man nämlich geradlinig polarisirtes Licht so senkrecht auf die Seitenfläche des Krystalls fallen, daß die Polarisationsebene zur Hauptaxe parallel steht, so erscheint rothes Fluorescenzlicht; liegt jedoch die Polarisationsebene senkrecht zur Hauptaxe, so fluorescirt der Krystall orangegeb. Stellt man die Polarisationsebene nun horizontal und läßt das Licht senkrecht zur Basis so auffallen, daß die Hauptaxe mit der Richtung des Lichtes zusammenfällt, so erscheint rothes Licht, welches unpolarisirt ist, während bei allen andern Stellungen das Licht polarisirt erscheint. Dreht man dann den Krystall um eine verticale Axe, so bleibt das Licht unverändert roth. Stellt man dagegen die Polarisationsebene vertical bei sonst unveränderter Stellung des Krystalls und dreht wieder um eine verticale Axe, so verändert sich das Licht von roth nach gelb. Die Normale zur Polarisationsebene bleibt bei dem ersten Versuche auch normal zur Axe, beim zweiten verändert sie jedoch ihren Winkel zur Axe. Daraus folgt, daß die lichterregenden Schwingungen normal zur Polarisationsebene stehen, weil in dem Fall, wo die Normale dieser Ebene ihre Stellung zur Axe nicht verändert, die Fluorescenzwirkung auch nicht verändert wird, während sie im andern Falle sich ändert. Außerdem läßt sich nachweisen, daß das ausgestrahlte Fluorescenzlicht in derselben Ebene polarisirt ist, wie das einfallende, diese Fluorescenz erzeugende Licht, und hieraus ergibt sich wieder, daß auch der Lichteindruck von geradlinig polarisirtem Licht in unserm Auge durch die Schwingungen hervorgebracht wird, welche senkrecht zur Polarisationsebene erfolgen.

Die Frage nach der ersten sichtbaren Farbe glühenden Eisens hat A. Noble¹⁾ zu entscheiden versucht, indem er eine eiserne Röhre durch Erhitzen zum Leuchten brachte und in einem dunklen Zimmer beobachtete. Die Röhre war mit Asbest gefüllt und in diesen wurde ein stark glühender Eisenstab gesteckt, welcher von der Röhre durch den Asbest überall getrennt war. Die Hitze des Stabes brachte dann die Röhre zum Glühen, die Er-

1) Nature 45. p. 484. 1892.

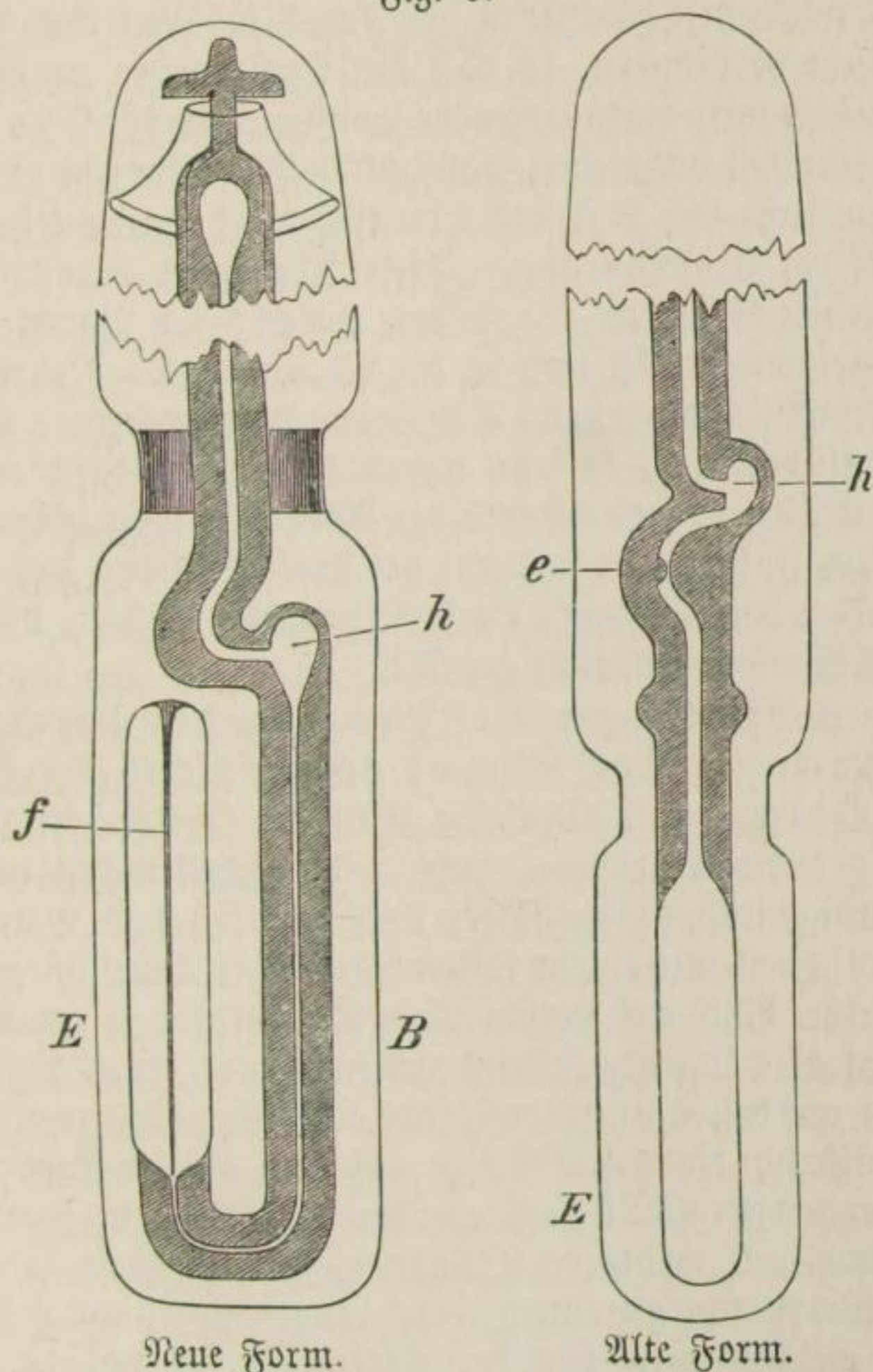
wärmung ging aber in Folge der geringen Leitungsfähigkeit des Asbests so langsam vor sich, daß das erste Austreten und die Veränderungen der Farbe sehr gut beobachtet werden konnten. Da die Beobachtung und die Bestimmung der Farbe eines sehr schwach leuchtenden Lichtes immer sehr schwer und von dem subjectivem Gefühl des Beobachters sehr abhängig ist, so wurde eine ganze Commission zur Beobachtung herangezogen. Es beobachteten nämlich stets sechs gleichzeitig. Diese sechs Beobachter waren schon eine geraume Zeit vorher im dunkeln Zimmer gewesen, so daß sie an die Dunkelheit vollkommen gewöhnt waren. Das Resultat der Beobachtung wurde auf zwei Wegen erhalten. Erstens sagten nämlich alle Beobachter ihr Urtheil sofort nach Schluß des Versuchs und aus diesen sechs Urtheilen wurde dann das Gesamturtheil abgeleitet; bei einem zweiten Versuch schrieb dann jeder Beobachter unabhängig von den andern sein Urtheil nieder und erst hieraus wurde das Gesammtergebniß gezogen. Die Beobachtungen waren sehr übereinstimmend und ergaben nur bei dem zweiten Versuch kleine Unterschiede, welche nur die Bezeichnung der Farben betrafen z. B. nannte der eine die Farbe weiß, der andere weißlich-grau u. s. w. Zu den Versuchen wurde einestheils polirtes, anderntheils stark oxydirtes Eisen verwendet. Zwischen beiden ergab sich kein Unterschied. Die Versuche der ersten Reihe, wo die Beobachtungen sofort mitgetheilt wurden, ergaben als Anfangsfarbe grünlich-weiß und dann gelb, welches allmählich in orange überging. Gesahen die Beobachtungen getrennt, so ergab sich zuerst weiß mit einem Strich nach grau, sodann blaß rosa und schließlich orange. Der Unterschied besteht also bei beiden Methoden nur darin, daß zwischen dem ersten grauen Schein und dem deutlichen orange bei der zweiten Versuchsreihe blaßrosa auftrat.

Wärmelehre.

Die Temperaturen in den Meeresstiefen werden auf folgende Weise gemessen. Ein Thermometer mit starken Glaswänden, dessen Röhre an einer Stelle in der Nähe der Kugel eine Einschnürung besitzt, wird in die betreffende Tiefe hinuntergelassen, dort läßt man es stehen bis es sich genügend erwärmt hat und kehrt es um. Der Quecksilberfaden reißt dann an der Einschnürung ab und die Länge des abgerissenen Fadens gibt die Temperatur an.

Wird nun das Thermometer herausgezogen, so wird es theils durch wärmere, theils durch kältere Schichten gelangen, als diejenige in der gemessen wurde. Im ersteren Falle wird aus der Röhre *E e* etwas Quecksilber austreten, welches sich in der Erweiterung *h* sammelt, und somit unschädlich ist. Im letzteren

Fig. 9.



Neue Form.

Alte Form.

Falle wird sich das Quecksilber in *E e* einfach zusammenziehen. Diese Construction hat aber folgende Nachtheile. Beim Hindurchgang durch kältere Schichten wird sich unterhalb *e* ein leerer Raum bilden, da sich das Quecksilber zusammenzieht; in Folge dessen wird das ganze Quecksilbergewicht auf die Einschnürung *e*

fallen und dort sich einfeilen. Das Glas gibt nach und es entstehen Risse, welche sich bei Thermometern dieser Art, die schon lange im Gebrauch gewesen sind, bei Betrachtung der Einschnürung durch die Lupe im reflectirten Licht leicht nachweisen lassen. Die Folge dieser Risse ist, daß, sobald das Thermometer in die Höhe gezogen wird, einige Tropfen Quecksilber durch den Rückstoß sich vom Quecksilber der Kugel loslösen und die abgelöste Säule verlängern, so daß die Temperatur zu hoch wird. Dieser Fehler wird durch eine neue Construction von *Chabaud*¹⁾ dadurch zunächst vermieden, daß das Gefäß Uförmig umgebogen ist; dann ruht die Last des Quecksilbers beim Umkehren nicht mehr auf der Einschnürung. Diese selbst wird durch einen spitz ausgezogenen Glasstab *f* gebildet, welcher am Boden des Gefäßes angeschmolzen ist und in die Mündung der Röhre hineinragt. Dehnt sich dann beim Durchgang durch wärmere Schichten das Quecksilber aus, so kann nur dasjenige Quecksilber in die Kammer *h* fließen, welches aus der Röhre herausgeschoben wird. Mit diesem Instrument sind auf der Nacht „*Mice*“ des Prinzen von Monaco bei Boulogne Versuche gemacht worden, doch ist es für tiefes Wasser noch nicht geprüft.

Einen Apparat zur Bestimmung der thermischen Ausdehnung fester Körper und besonders der Krystalle gibt *W. Voigt*²⁾ an. Derselbe sollte die Genauigkeit der Beobachtung dadurch erhöhen, daß er die Erwärmung mit Hilfe eines Flüssigkeitsbades gestattet und daß sich das warme Bad leicht und schnell mit einem kalten vertauschen läßt, um nicht ein und dasselbe Bad auf verschiedene Temperaturen zu bringen. Eine vertical hängende Messingschiene hatte einen rechteckigen Einschnitt, auf dessen unterem Rande eine Wippe mit zwei Spitzen ruhte, während die dritte Spitze auf dem oberen Ende des zu untersuchenden Krystalls lag, welcher in Stabform herzustellen ist und auch aus mehreren Stücken zusammengesetzt sein kann. Auf der Wippe sitzt an einem 3 cm langen Messingstäbchen ein Spiegel, welcher oben aus der Flüssigkeit herausragt. Ueber diesem Spiegel ist an der Messingschiene ein zweiter befestigt, dessen Winkel zu dem beweglichen Spiegel der Wippe durch ein Fern-

1) Comptes rend. 114. p. 65. 1892.

2) Wied. Ann. 43. S. 831. 1891.

rohr beobachtet werden kann. Aus diesem Winkel kann dann der Unterschied der Ausdehnungscoefficienten des Krystalls und des Messings leicht berechnet werden. Mit Hilfe eines Bergkrystalls von bekanntem Ausdehnungscoefficienten wird dann der des Apparats bestimmt und somit auch der des Krystalls gefunden.

Wie man auch aus dem vorliegenden Bande des Jahrbuchs ersehen wird, ist man in neuester Zeit allenthalben bemüht, Lücken auszufüllen und bisher festgehaltene aber fehlerhafte Anschauungen zu berichtigen und durch bessere und zutreffendere zu ersetzen. Es sind in dieser Richtung sehr wesentliche Schritte gethan worden und die letzten Jahre sind reich an Entdeckungen, welche einen so wesentlichen Fortschritt in der Physik bedeuten, wie er seit der Mitte dieses Jahrhunderts nur in der Electricität erreicht wurde. Die Wärmelehre gerade ist ein noch sehr oberflächlich ausgebautes Feld. Trotz der bedeutenden Theorien von Clausius und Robert Mayer ist es noch nicht gelungen, die complicirten Vorgänge der Wärmeerscheinungen mit voller Klarheit zu überschauen. Man ist genöthigt mit sogenannten „idealen Gasen“ zu arbeiten und Theorien aufzubauen, deren Grundlagen durchaus noch nicht überall mit der wünschenswerthen Klarheit erwiesen sind. Vor allem gilt dies auch von den Aggregatzuständen und den Theorien, welche sich über den Zustand der Materie in denselben gebildet haben. Es ist nicht wegzuleugnen, daß die bisher üblichen Vorstellungen über die kritische Temperatur, welche von Cagniard-Latour herrühren, eine Discontinuität im Zustand der Materie involviren, die weder physikalisch noch philosophisch verstanden werden kann. Während nämlich unterhalb dieser kritischen Temperatur eine deutliche und sehr einfache Beziehung zwischen Temperatur und Spannkraft der Dämpfe besteht, indem jeder Temperatur ein bestimmtes Maximum der Spannkraft zukommt, und eine Druckerhöhung sofort eine Verflüssigung des entsprechenden Theils Dampf herbeiführt, so hört diese Beziehung bei der kritischen Temperatur plötzlich auf. Es ist nach den bisherigen Anschauungen selbst bei den größten Drucken unmöglich auch nur die geringste Menge Dampf in flüssige Form zu bringen. Cagniard-Latour schloß diese Erscheinung aus dem Verschwinden des Meniskus der Flüssigkeit gegen das Gas bei der betreffenden Temperatur und formulirte danach den Satz: wenn eine in einem geschlossenen

Gefäß befindliche Flüssigkeit eine gewisse Temperatur übersteigt, so verdampft dieselbe vollständig in den Raum, welchen sie ursprünglich in flüssigem Zustand einnahm. Als später Andrews (1870) die kritische Temperatur der Kohlensäure bestimmte und dabei dieselbe Erscheinung wahrnahm, nämlich das Verschwinden des Meniskus und das Auftreten eigenthümlicher Streifen, sprach er bereits seine Zweifel über diese Anschauung aus, jedoch gelang es ihm nicht, eine befriedigende Erklärung zu geben. Es haben nun neuerdings Cailletet und Colardeau ¹⁾ zunächst direct sich bestrebt nachzuweisen, daß die Erklärung Cagniard-Latour's falsch ist. Sie färbten nämlich die flüssige Kohlensäure mit Jod. Ist nun die Kohlensäure bei ihrer kritischen Temperatur ($+31^{\circ}$) durch keinen Druck mehr zu verflüssigen, sondern nur noch in gasförmigen Zustand erhalten, so muß die Färbung gleichzeitig aufhören und das Jod sich in fester Form an den Wänden niederschlagen, da es erst bei 175° verdampft. Es verschwindet nun zwar bei $+31^{\circ}$ der Meniskus vollständig, dagegen bleibt im untern Theil der Röhre die Färbung bestehen. In der Nähe der Stellung, an welcher der Meniskus unter den oben beschriebenen Erscheinungen verschwunden ist, ist die Färbung schwächer und der Theil der Röhre, der von Anfang an mit Gas gefüllt war, bleibt durchaus ungefärbt. Daß im untern Theil der Röhre nicht etwa doch schon Joddampf vorhanden ist, beweist das Spectrum, welches dasselbe Aussehen ungeändert weiter zeigt, wie das des vorher in der flüssigen Kohlensäure gelösten Jods, während das Spectrum des Joddampfes ganz anders aussieht.

Folgende andere Betrachtung bestätigt diese Beobachtung. Wenn nämlich oberhalb der kritischen Temperatur keine Spur von Flüssigkeit vorhanden ist, so muß die Curve des Druckes bezogen auf die Temperaturen als Abscissen, vollkommen unabhängig sein von der Flüssigkeitsmenge, welche verdampft ist, denn wir haben dann nur ein homogenes Gas vor uns, ebenso wie vorher die Curve der Dampfspannungen unabhängig davon war, wie viel Flüssigkeit die Röhre erfüllte, so lange nur die Flüssigkeit nicht schon vor der kritischen Temperatur verdampft war. So gut wie sich das letztere selbstverständlich experimentell bestätigt, so wenig trifft das erste zu, und man erhält von $+31^{\circ}$

1) Physikalische Revue 1. S. 1. 1892.

an drei ganz verschiedene Curven je nach dem im Moment des Verschwindens des Meniskus die Flüssigkeit $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{2}$ oder $\frac{9}{10}$ der ganzen Röhre einnimmt.

Ganz unvereinbar mit der Cagniard'schen Hypothese ist jedoch das Verhalten eines Gemisches von einem Theil Luft und fünf Theilen Kohlensäure unter gesteigertem Druck. Hier verflüssigt sich nämlich bei einem mittleren Druck ein Theil Kohlensäure unter deutlicher Meniskusbildung. Bei größerer Drucksteigerung wird der Meniskus zuerst verwaschen, dann treten die Streifen auf und bei etwa 130 bis 150 Atmosphären ist die Grenze zwischen Flüssigkeit und Gas vollkommen wieder verschwunden, ohne daß bei dem Versuch die Temperatur geändert wurde. Nachdem bereits Ramsay 1880 ausgesprochen hatte, daß die Flüssigkeit über die kritische Temperatur hinaus fortbesteht, benutzte Jamin¹⁾ dieses Experiment, um eine neue Theorie der kritischen Temperatur zu geben. Zunächst hält er das Fortbestehen der Flüssigkeit für erwiesen und nimmt an, daß sich bei einem mittleren Druck ein Theil der Kohlensäure verflüssigt. Bei weiterer Compression steigert sich nur der Druck der Luft, der der Kohlensäure dagegen bleibt constant, es wird also die gesammte Gasmenge immer dichter. Sobald diese Dichtigkeit gleich derjenigen der Flüssigkeit wird, verliert nach dem Archimedischen Princip die Flüssigkeit ihr ganzes Gewicht und schwimmt in der Atmosphäre, d. h. die deutliche Grenze zwischen Flüssigkeit und Gas hört auf. Ebenso ist es bei steigender Temperatur; dann vermindert sich naturgemäß die Dichte der Flüssigkeit, während die des Dampfes wächst und die kritische Temperatur ist eben der Punkt, wo beide Dichtigkeiten gleichgroß werden, also die Flüssigkeit als die leichtere nicht mehr am Boden bleiben kann.

Ist nun diese Jamin'sche Erklärung richtig, so muß sich bei dem Cailletet'schen Versuche durch Steigerung des Druckes ein Punkt finden lassen, wo das Gas so viel schwerer geworden ist als die Flüssigkeit, daß die letztere deutlich oben auf schwimmt und der Meniskus umgekehrt, von der oben liegenden Flüssigkeit gegen das darunter befindliche Gas gebildet erscheint. Dies war aber selbst durch die größte Steigerung des Druckes und der Temperatur bis zum Zerspringen der Röhre nicht zu erreichen.

1) Journ. de Phys. (2) 2 p. 329. 1883.

Es erwies sich sonach auch die Erklärung Jamin's nicht stichhaltig, zumal sich in einer O-Röhre, deren untere Biegung mit Schwefelsäure gefüllt war, und in deren einem Schenkel durch Abkühlung flüssige Kohlensäure in einer Säule von 15—20 cm Höhe gewonnen war, bei Erwärmung die Niveaus rechts und links durchaus nicht gleich stellten, selbst als der Meniskus längst verschwunden war. Es war demnach trotz der Communication oben ein Druckunterschied vorhanden, welcher nur von flüssiger Kohlensäure herrühren konnte, deren Dichtigkeit größer war als die des Gases. Kühlt man die Röhre wieder ab, so schlägt sich in dem Theil mehr Dampf nieder, welcher vorher mehr Flüssigkeit enthielt.

Nachdem so die Jamin'sche Theorie direct widerlegt war, versuchten die beiden Physiker eine eigene aufzustellen. Sie gingen dabei von einem Versuche aus, welchen Duclaux¹⁾ angegeben hat. Wenn man nämlich zwei Flüssigkeiten, welche sich bei gewissen Temperaturen nicht mischen, z. B. Amylalkohol und gewöhnlicher Alkohol, bis zu einer passenden Temperatur erhitzt, so mischen sie sich in allen Verhältnissen. Führt man dasselbe Experiment, welches vorher in der O-Röhre mit Kohlensäure angestellt war, jetzt mit diesen beiden Alkoholen in einer U-Röhre aus, so zeigt sich genau dasselbe wie dort. Der Meniskus verschwindet, dagegen bleibt die Niveaudifferenz. Es kommen demnach die beiden Forscher zu dem Schluß, daß „die kritische Temperatur diejenige ist, bei welcher eine Flüssigkeit und die über ihr befindliche Gasatmosphäre fähig werden, sich gegenseitig in allen Verhältnissen aufzulösen und nach dem Schütteln eine homogene Masse zu bilden.“

Dieses Resultat wird bestätigt durch eine zweite Arbeit von Cailletet und Colardeau, welche sich auf die Spannung des gesättigten Wasserdampfes bis zur kritischen Temperatur und über dieselbe hinaus bezieht.²⁾ Die Beobachtungen erstreckten sich von 220° bis über 400° und wurden in einer stählernen Röhre mit verschiedenen Mengen Wasser angestellt. Regnault's Versuche gehen nur bis 230° und das Stück der Spannungscurve im ge-

1) Journ. de Phys. (1) 5. p. 13. 1876.

2) Phys. Rev. 1. S. 15. 1892.

meinsamen Temperaturintervall stimmte nach beiden Beobachtungen überein. Das Innere der Dampfrohre zu sehen war unmöglich; da aber die Drucke durch ein sehr gutes Wasserstoffmanometer, welches direct nach dem Manometer des Eifelthurms geacht worden war, bestimmt wurden, so war ein Einblick in die Rohre überflüssig. Die Bestimmung des kritischen Punktes ergab sich, wie oben schon auseinandergesetzt wurde, dadurch, daß an demselben die Curven aus den Versuchsreihen mit verschiedenen Mengen Wassers sich trennten, während sie bis dahin eine einzige Curve gebildet hatten. Diesem Punkt entspricht eine Temperatur von 365° . Von diesem Punkte zweigen die sechs Curven der Versuchsreihen ab. Ferner fanden sich in den Abhandlungen von Cagniard-Latour zwei Versuche mit Aether, welche mit verschiedenen Mengen Flüssigkeit angestellt waren. Die aus den gefundenen Werthen construirten Curven mußten bis zur kritischen Temperatur parallel verlaufen, von da an divergiren. Zeichnet man also die Curven, so muß sich als Abscisse des Divergenzpunktes sofort die kritische Temperatur, als Ordinate der kritische Druck des Aethers ergeben. Die Construction lieferte für die beiden Größen die Werthe 190° und 38 Atmosphären. Nach der neuesten Untersuchung ist die kritische Temperatur nahe 197° und der kritische Druck 35,768 Atm. Die Werthe stimmen also hinreichend genau überein.

Clausius hat eine Methode angegeben, den Druck des gesättigten Dampfes aus seiner Temperatur zu bestimmen.¹⁾ Er hat nämlich eine mathematische Beziehung zwischen dem Spannungsgesetz gesättigter Dämpfe und den Gesetzen der Compressibilität der Substanz in flüssigem und gasförmigem Zustande aufgestellt. Diese liefert drei Formeln, welche eine Anzahl von Constanten enthalten und nur dann eine Beziehung zwischen Druck und Temperatur liefern können, wenn es gelingt, zwei Größen aus den Formeln zu eliminiren. Dies ist zwar unmöglich, aber Clausius hat trotzdem durch Kunstgriffe die Berechnung des zu jeder Temperatur gehörigen Druckes ermöglicht. Zeichnet man aus diesen Werthen die Druckcurve für Wasserdampf, so ist die Abweichung von der experimentell gefundenen so gering, daß es unmöglich sein würde bei der Dicke des Zeichnungsstrichs

1) Wied. Ann. 14. S. 279. 1881.

die Curven nebeneinander zu zeichnen. Ebenso giebt Bertrand¹⁾ folgende Beziehung zwischen dem Druck P und der absoluten Temperatur T des gesättigten Wasserdampfes:

$$P = G \cdot \frac{T^a}{(T + 127)^b}$$

Die Experimente haben für die drei Constanten folgende Werthe geliefert:

$$a = 57,074; \quad b = 59,572; \quad \log G = 14,00527.$$

Die Werthe stimmen fast ebensogut wie die von Clausius; es ist also die Zulässigkeit hiermit experimentell erwiesen, nach den beiden angegebenen Methoden die Spannung des gesättigten Wasserdampfes für jede Temperatur zu berechnen.

Eine außerordentlich eingehende und mit den denkbar größten Vorsichtsmaßregeln in peinlichster Genauigkeit angestellte Untersuchung über die Dichte und Spannung des Dampfes des Aethers hat Angelo Battelli²⁾ in Cagliari auf Sardinien angestellt. Die vielseitige Mühe, welche von zahlreichen Physikern darauf verwendet wurde, klare Einsicht über die physikalischen Eigenschaften der Dämpfe zu erhalten, hat bisher nur zu unvollkommen befriedigenden Resultaten geführt. Die Ansichten gehen ziemlich auseinander, und man nahm schließlich seine Zuflucht zur Dissociation des Dampfes, um die verschiedenen Abweichungen zu erklären. Bei der Wichtigkeit der Dampfdichte für die Chemie ist vor allem die Entscheidung der Frage, wie sich die Dämpfe dem Boyle'schen und dem Gay-Lussac'schen Gesetz gegenüber verhalten, angestrebt worden. Zunächst wurde sehr bald, nämlich von Cagniard-Latour (1822), Cahours (1845) und Bineau (1846) festgestellt, daß die Dämpfe in der Nähe des Siedepunktes von den beiden genannten Gesetzen abweichen und man schloß daraus, daß auch das Avogadro'sche Gesetz hier keine Giltigkeit mehr habe, da es ja nicht mehr zur Berechnung des Molekulargewichts dienen konnte. Es wurde angenommen, daß ein Dampf bei niederen Temperaturen eine größere Anzahl von Molekülen besitze als ein gleiches Volum eines Gases. Um nun das Avogadro'sche Gesetz zu halten, nahm Rauman zuerst an, daß Dämpfe und Flüssigkeiten nicht aus

1) J. Bertrand, Thermodynamique, Chap. IX. Paris. 1887.

2) Phys. Rev. 1. S. 265. 1892.

einfachen Molekülen bestehen, sondern aus Gruppen von Molekülen, deren Zahl und Größe mit abnehmender Temperatur zunehmen. Im Allgemeinen nahm man an, daß die Dämpfe des Wassers zwischen 30° bis 55° so lange dem Boyle-Gay-Lussac'schen Gesetz gehorchen, als ihre Dampfspannung unter $\frac{4}{5}$ der Maximalspannung bleibt. Endlich stellte Herwig¹⁾ eine Formel auf, indem er den Druck p' und das Volum v' im Sättigungszustand mit den entsprechenden Größen p und v in dem Momente, wo die Dämpfe sich wie Gase verhalten, verglich. Er fand für Alkohol, Aether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Wasser und Bromäthyl die Beziehung:

$$\frac{p v}{p' v'} = C \sqrt{T}$$

wo T die absolute Temperatur und C eine Constante ist, deren Werth für alle sechs Substanzen 0.0595 gefunden wurde. Aus dieser Formel folgt sofort, daß die Dämpfe dieser sechs Flüssigkeiten bei einer ganz bestimmten Temperatur dem Boyle'schen Gesetze bis zum Momente der Sättigung gehorchen. Diese Temperatur ist:

$$\frac{p v}{p' v'} = 1 = C \sqrt{T}$$

oder

$$T = \frac{1}{C^2} = 282.59^{\circ} \text{ (also } 9.58^{\circ} \text{ C).}$$

Muß schon diese Erwägung Zweifel an der Herwig'schen Formel aufkommen lassen, so zeigen die Versuche Battelli's, daß C keine Constante, nicht einmal für Aether allein ist. C nimmt von -28° bis 60° ab, zeigt dort ein Minimum und wächst von 60° an beständig.

Aus den sehr eingehenden Untersuchungen Battelli's sollen hier nur folgende Ergebnisse mitgetheilt werden.

1. Die Spannung des Aetherdampfes im ersten Momente der Condensation ist bei allen Temperaturen geringer als die Maximalspannung.

2. Die Maximalspannungen des Aetherdampfes zwischen -28° und 210° lassen sich vollständig darstellen durch die Formel Biot's:

1) Poggend. Ann. 137. S. 592. 1865.

wobei:
$$\log p' = a + b \alpha^t + c \beta^t$$

$$a = 5,981578; b = -3,337745; c = -0,382502;$$

$$\log \alpha = -1,9982801; \log \beta = -1,9910451.$$

3. Der Dampf gehorcht dem Boyle'schen Gesetz ebenso wenig als dem von Gay-Lussac, und zwar sind die Abweichungen um so größer, je mehr er sich dem gesättigten Zustande nähert. Das Produkt $p v$ im Zustande der Sättigung nimmt zuerst bis 100° zu, von da an aber beständig ab mit steigender Temperatur. Die Ausdehnungscoefficienten bei constantem Druck nehmen mit abnehmender Temperatur um so rascher zu, je mehr sich der Dampf dem Sättigungszustande nähert. Die Schnelligkeit dieser Zunahme wächst beträchtlich bei höheren Drucken.

4. Die kritische Temperatur ist 197° , der kritische Druck 35,768 Atmosphären, das kritische Volum 4,8 cem für 1 g.

Bekanntlich zeigt Kautschuk beim Erwärmen die eigenthümliche Eigenschaft, daß er sich zusammenzieht, während sich sonst fast alle andern Körper ausdehnen. Dem entsprechend muß er sich bei mechanischer Dehnung erwärmen und bei der Compression abkühlen. Dieses Verhalten zu erklären haben sich schon viele Physiker bemüht und sind dabei zu den verschiedensten Ergebnissen gekommen. So hat z. B. Schmulewitsch und nach ihm Graetz aus anderen Erscheinungen geschlossen, daß sich der Kautschuk durch die Wärme in ganz normaler Weise ausdehne, aber daß sich dabei sein Elasticitätsmodul so stark vergrößere, daß trotzdem eine Contraction eintritt. Der erstere fand nämlich, daß die Spannung einer Saite, welche mit dem Kautschuk in Verbindung war, größer wurde, als man den Kautschuk erwärmte. Der letztere bestimmte den Torsionsmodul des Kautschuks, von dem er nachwies, daß er von der Temperatur in gleicher Weise beeinflusst würde wie der Elasticitätsmodul. Er tordirte einen langen Kautschukfaden und fand, daß die Schwingungen mit steigender Temperatur sich immer schneller vollziehen; da nun mit fallender Schwingungszeit der Torsionsmodul wachsen muß, so muß auch der Elasticitätsmodul mit steigender Temperatur wachsen. Neuerdings hat nun J. Rußner¹⁾ auf seine

1) Wied. Ann. 43. S. 533. 1891.

früheren Untersuchungen¹⁾ aufmerksam gemacht, welche Graetz unbekannt geblieben sein müssen. Rußners Erklärung geht nämlich davon aus, daß Kautschuk bei höheren Temperaturen anisotrop werden müsse. Nun ist es aber bei anisotropen Körpern eine stets vorkommende Erscheinung, daß ihre thermische Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen hin verschieden ist, und diese Verschiedenheit kann soweit gehen, daß nach einer Richtung Zusammenziehung stattfindet, während nach der andern sich der Körper ausdehnt. Z. B. dehnt sich Beryll in der Richtung der Hauptaxe so stark aus, daß er sich in den dazu senkrechten Richtungen zusammenzieht. Um darüber klar zu werden, welche von beiden Erklärungen die richtige ist, müßte zunächst festgestellt werden, ob der Elasticitätsmodul des Kautschuks mit steigender Temperatur wächst oder abnimmt. Rußner glaubt, durch seine früheren Versuche eine Abnahme dieser Constanten nachgewiesen zu haben, und stützt sich außerdem auf Beobachtungen von Exner, aus denen dasselbe hervorgeht. Außerdem kann es fraglich erscheinen, ob die Steigerung der Saitenspannung bei Schmulc-witsch nothwendig eine Zunahme des Elasticitätsmoduls als Ursache haben muß, und bei den Versuchen von Graetz läßt sich nachweisen, daß eine Abnahme der Schwingungszeit auch ohne Zunahme des Torsionsmoduls erklärt werden kann, und daß diese Abnahme schon aus der Contraction des Querschnitts folgt, welche bei der Dehnung unvermeidlich ist. Rußner stellte aber trotzdem neue Beobachtungen an, aus denen unzweifelhaft hervorgeht, daß der Elasticitätsmodul mit steigender Temperatur abnimmt. Er untersuchte fünf Sorten Kautschuk theils in Streifenform theils Schläuche bei Temperaturen von 19° bis $60,5^{\circ}$ und erhielt stets bei den höheren Temperaturen bedeutend größere Verlängerungen als bei den niedrigen Temperaturen. Die Belastungen stiegen theils von 20 zu 20 g theils von 10 zu 10 g, in einem Falle, nämlich bei grauem, vulcanisirtem Kautschuk, um je 100 g, und die Beobachtungen wurden alle 5 Minuten angestellt. So ergab z. B. eine Beobachtungreihe von schwarzem, vulcanisirtem Kautschuk die Zahlen:

1) Carls Repert. 18. S. 206. 1882.

Belastung in Grammen	Zeit in Minuten	Verlängerung bei 21° in mm	Verlängerung bei 60·5° in mm
10	1	2·35	2·77
	5	2·75	3·10
	10	2·92	3·35
	15	3·04	3·45
	20	3·10	3·53
20	1	5·57	6·32
	5	6·00	6·80
	10	6·23	7·00
	15	6·40	7·12
	20	6·50	7·25
30	1	8·96	10·13
	5	9·50	10·65
	10	9·73	10·90
	15	9·90	11·10
	20	10·02	11·20
40	1	12·60	14·13
	5	13·10	14·63
	10	13·38	14·98
	15	13·55	15·10
	20	13·70	15·30

Länge = 1005 mm, Querschnitt = 0·6779 qcm, Sp. Gew. = 0·947.

Nur bei Schläuchen zeigte sich kein Einfluß der Temperatur auf den Elasticitätsmodul, der letztere war bei höheren Temperaturen eher um eine Wenigkeit größer geworden und die Verlängerungen geringer. Dieser Fall führte Kufner auf die Vermuthung, daß durch Ausübung eines Drucks bei der Fabrikation der Kautschuk dauernd anisotrop gemacht werden könne, so daß die Ausdehnung in der Längsrichtung kleiner wird als in der darauf senkrechten. Diese Vermuthung wurde bestätigt, dadurch, daß es gelang, die Constitution des Schlauchs, an welchem diese Verkürzung beobachtet worden war, zu verändern, indem der Schlauch längere Zeit einer Temperatur von 99° ausgesetzt wurde. Belastete man dann den Schlauch und erhitzte ihn von 20° auf 44°, so zeigte er genau dasselbe Verhalten, wie die übrigen Kautschuksorten, indem er bei 44° um 0,89 mm mehr sich verlängerte als bei 20°, wenn er mit 40 g fünf Minuten lang belastet wurde.

Es ist nun interessant, daß neuerdings P. v. Bjerken¹⁾ nachgewiesen hat, daß Kautschuk durch Dehnung doppel-

1) Wied. Ann. 43. S. 808. 1891.

brechend wird und zwar wird er negativ doppelbrechend, also der ordentliche Strahl wird stärker gebrochen als der außerordentliche. Bei Compression ist es umgekehrt, er wird dadurch positiv. Die Doppelbrechung wird gemessen durch den Unterschied der beiden Brechungsexponenten und ergiebt z. B. bei einer Dicke von 0,25 mm des Streifens und einer Belastung von 70350 g für den Quadratcentimeter

$$n_o - n_e = 16640 \cdot 10^6.$$

Obwohl hier kein Zusammenhang zwischen Doppelbrechung und Temperatur festgestellt worden ist, so ergeben diese Versuche doch, daß Kautschuk unter gewissen Verhältnissen anisotrop werden kann.

Bjerkén hat übrigens auch die Erwärmung bei der Dehnung des Kautschuks untersucht¹⁾ und gefunden, daß eine Ausdehnung von 100 mm beispielsweise eine Erhöhung der Temperatur um $0,316^\circ$ zur Folge hat. Diese Untersuchungen, welche fast gleichzeitig mit denen Rußners angestellt worden sind, haben den Zweck, eine Analogie zwischen Kautschuk und Leimgallerten festzustellen. Beide Körper werden durch Dehnung und Compression in gleichem Sinne doppelbrechend und zeigen dasselbe Verhalten bezüglich der Wärme, ja es war bei Leimgallerten selbst eine Erwärmung bei der Dehnung festzustellen, nämlich bei 40 mm im Mittel $0,007^\circ$. Stärkere Dehnungen hielten die leicht zerreißbaren Leimlamellen nicht aus. Die Untersuchungen wurden mit einem Thermomultiplicator angestellt. Die Zahlen mögen, wenigstens für Leimgallerte nicht sehr zuverlässig sein, doch stellen sie die Erwärmung bei Ausdehnung unbedingt fest.

Im vorigen Jahrgang des Jahrbuchs (S. 159) ist eine Bestimmung des mechanischen Wärmäquivalents von Sahulka erwähnt worden. Neuerdings hat sich dessen Resultat durch die Untersuchungen von Miculescu²⁾ bestätigt. Dessen Methode zeichnet sich von den bisher verwendeten namentlich durch die Empfindlichkeit der Temperaturbeobachtungen, und dadurch aus, daß die bewegende Kraft sehr groß war, nämlich eine Pferdestärke. Die Methode ist im Princip äußerst sinnreich und einfach. Die Einzelheiten des $\frac{5}{4}$ m langen Apparats zu beschrei-

1) Wied. Ann. 43, S. 817. 1891.

2) Phys. Revue I. S. 624. 1892.

ben würde zu weit führen, und es sei hierfür auf die Abhandlung verwiesen.

Bei jeder Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents, welche die Umsetzung mechanischer Kraft in Wärme benutzt, sind zwei Größen zu messen: die Arbeit, die geleistet wird, und die Wärme, welche durch diese Arbeit erzeugt wird. Die großen Schwankungen des Werthes für das Äquivalent, welche die vielen Bestimmungen aller möglicher Physiker aufweisen (von 365 bis 478.2), lassen schon erkennen, daß diese Bestimmungen mit sehr vielen Schwierigkeiten verbunden sein müssen. Die Hauptschwierigkeiten liegen wohl darin, die in Wärme wirklich verwandelte Arbeit genau anzugeben, d. h. genau zu bestimmen, wie viel Arbeit verloren geht und den Versuch auf möglichst kurze Zeit zu beschränken, damit von der erzeugten Wärme möglichst wenig verloren geht. Es ist nun *Miculescu* gelungen, beide Schwierigkeiten zu überwinden. Er benutzte nämlich als Motor eine Grammesche Maschine, welche er mit Accumulatoren speiste. Der Strom der letzteren wurde durch einen Rheostaten und durch eine Vorrichtung regulirt, welche noch zu erwähnen sein wird. Dieser Motor setzte eine Axe mit elf Systemen dreiflügeliger Schiffschrauben in Bewegung, die in einem Calorimeter kreisten, welcher mit Wasser gefüllt war. Durch die Reibung wurde das Wasser erwärmt, und diese Erwärmung dadurch compensirt, daß man um das Calorimetergefäß einen Strom Wasser circuliren ließ. Die Arbeit wurde durch eine Art Bremsdynamometer bestimmt. Stellt man nämlich den Motor so auf, daß sein Inductor um eine mit der Motoraxe gleich gerichtete Axe drehbar ist, so muß die zu der Kraft, welche den Anker treibt, gehörige und ihr gleiche Gegenkraft den Inductor zu drehen bestrebt sein, und diese Drehung wird man dann durch ein an einem Hebelarm angebrachtes geeignetes Gewicht compensiren können. Da nun der Motor die Schiffschrauben treibt, deren Arbeit vollkommen in Wärme umgesetzt wird, so ist die Bremsung hier der Widerstand des Wassers und dieser wird auf den Motor oder genauer auf die inducirenden Windungen des Motors eine der in Wärme umgesetzten Arbeit gleiche Gegenarbeit leisten, indem er den Motor dreht. Compensirt man diese in der oben angegebenen Weise, so ist durch Gewicht mal Hebelarm multiplicirt mit der während des Versuchs abgelaufenen Weglänge — d. h.

Tourenzahl mal 2π — die geleistete Arbeit gefunden. Dieser Gedanke wird nun dadurch realisiert, daß der Motor auf ein eichenes Brett gesetzt wird, welches in zwei Schneiden hängt. An der einen derselben ist ein starkes Messinglineal befestigt, an welchem eine Wagschale verschiebbar ist, die durch geeignete Belastung die Drehung des Inductors compensirt. Eine Dämpfungs- vorrichtung bewirkt schnelle Rückkehr zur Ruhelage. Diese wird durch Spiegelablesung mittelst Fernrohr und Scala festgestellt. Man hat also nur die Wagschale ein für allemal einzustellen und dann so viel Gewichte aufzulegen, bis der Scalentheil, der in der Ruhelage durch den Schnittpunkt des Fadenkreuzes ging, wieder einsteht.

Es wurde oben erwähnt, daß außer dem Rheostaten noch ein Regulator für constanten Accumulatorencurrent angebracht sei. Dieser ist eben die beschriebene auf zwei Schneiden ruhende Eichenslatte. Trat nämlich nach Einstellung des Rheostaten noch eine Aenderung der Stromstärke ein, so zeigte eine sofortige Drehung des an dem Eichens Brett befindlichen Spiegels und das Erscheinen anderer Scalentheile diese Aenderung an. Es war also die Aufhängevorrichtung des Motors selbst ein um so feinerer Regulator für die Stromstärke, als durch ein verschiebbares Gewicht seine Empfindlichkeit auf die gewünschte Höhe gebracht werden konnte.

Noch einfacher war die Messung der Wärme. Das Calorimeter war von einem Strom Wasser umflossen, der vom Eintritt bis zum Austritt 30 Secunden brauchte, und aus einem 200 l fassenden Gefäß kam, welches auf Zimmertemperatur erhalten wurde. Ein Thermolement maß die Temperaturdifferenz zwischen der Einfluß- und Ausflußstelle, und das ausgeflossene Wasser wurde gewogen. Dann gibt Gewicht des Wassers mal Temperaturdifferenz direkt die aufgenommene Wärme, wenn man annimmt, daß die specifische Wärme des Wassers zwischen 10° und 13° gleich Eins ist.

Man sieht, daß die Ableesungen sehr einfach sind. Es sind zwei Gewichte, eine Länge und der Ausschlag der Nadel des Thermolements zu bestimmen. Die Touren werden durch einen Marey'schen Registrirapparat gezählt. Die Dauer eines Versuchs richtete sich nach der Constanz des Accumulatorstroms und schwankte zwischen 4 und 11 Minuten. Die Temperatur des Calori-

meters war höchstens um 2° höher als die der Umgebung, also war eine Strahlungs correction nicht nöthig. Der Vortheil der Anordnung beruht eben auf der ausschließlichen Anwendung von Nullmethoden.

Die Werthe, welche sich aus den 31 angestellten Versuchen ergaben, schwankten zwischen 426.21 und 427.12 . Die Differenz betrug also noch nicht $\frac{1}{3}\%$. Der mittlere Werth des Wärmeäquivalents betrug $426,7$ kg auf Paris reducirt, und auf die hunderttheilige Scala des Wasserstoffthermometers reducirt $426,84$ kg. Der von Soule gefundene Werth auf Paris reducirt ist $426,5$ kg. Den Schluß der interessanten Arbeit bildet eine Tabelle, in welcher die bis jetzt gefundenen Werthe für das Wärmeäquivalent, die Methoden und die Namen der Physiker aufgezeichnet sind, welche die Untersuchung angestellt haben.

Für die Wärmelehre gibt Antolik¹⁾ unter andern folgende Versuche an. Um die Davy'sche Sicherheitslampe zu demonstrieren, biegt er ein Drahtnetz in Kugelform und bringt in das Innere eine an eine Glasröhre angeklebte Wachskerze, indem er die Glasröhre durch einen Kork steckt und diesen in einem weiten Glasrohr befestigt, an dessen oberem Ende das Drahtnetz angebracht ist. Schließt man die enge Glasröhre, so erlischt die Kerze sofort. Ist die Röhre offen, so brennt die Flamme stark ruhend weiter und die gebildeten Rußflocken, welche unsichtbar im Leuchtgas schweben, verbrennen beim Anzünden des letzteren in zahllosen Fünkchen.

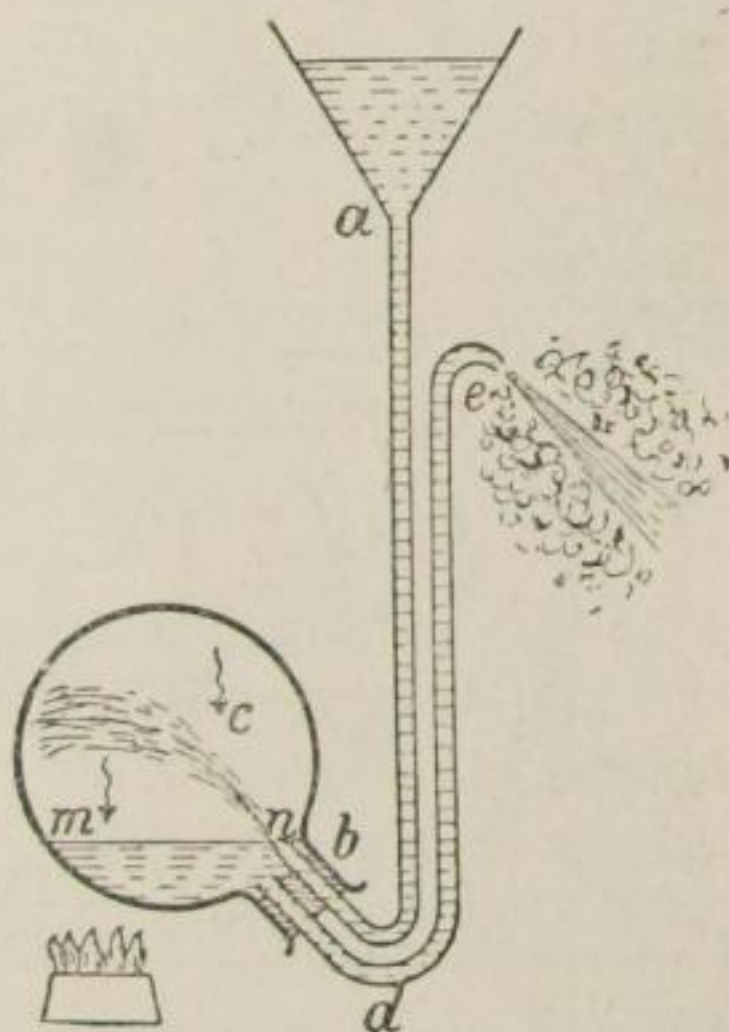
Um die Erwärmung der Luft beim Zusammen drücken und die Abkühlung bei der Ausdehnung nachzuweisen, umhüllt A. die Kugel eines Thermometers mit einem luftgefüllten Kautschukballon, so daß ein hermetischer Verschuß hergestellt wird. Diesen einfachen Apparat befestigt er luftdicht im Recipienten einer Luftpumpe. Beim Auspumpen der Luft, wenn sich der Kautschukballon ausdehnt, wird das Thermometer um 4° bis 5° fallen; läßt man Luft in den Recipienten einströmen, comprimirt man also die Luft im Kautschukballon, so steigt das Thermometer um ebensoviel. Noch besser läßt sich die Erscheinung zeigen, wenn man einen mit Quecksilber gefüllten Ballon so durch

1) Zeitschr. für phys. u. chem. Unterr. IV S. 276. 1891.

einen Kautschukschlauch mit einem kleinen Glaszylinder verbindet, daß er sich heben und senken läßt. Bringt man dann an das Ende des Glaszylinders luftdicht schließend eine Thermosäule, so wird durch regelmäßiges Heben und Senken sich sehr bald ein Ausschlag der Galvanometernadel von 60 bis 80 Graden erreichen lassen. Bei einmaliger Hebung zeigt sich bereits ein Ausschlag von 30 Grad.

Die Erwärmung durch Reibung zeigt Antolik auf folgende Weise. Eine mit Luft oder noch besser mit Aetherdampf gefüllte 25mm weite Glasröhre von 60 cm Länge trägt an ihrem oberen Ende einen Stopfen, welcher von einer umgebogenen dünnen Glasröhre durchbohrt ist, am anderen Ende ist sie zugeschmolzen. Die umgebogene Glasröhre taucht mit ihrem unteren Ende in ein Gefäß mit gefärbtem Wasser. Faßt man die weite Glasröhre an einem um sie gelegten Kork und reibt sie mit einem Flanelllappen, so zeigen die zahlreich entweichenden Luft- oder Aetherdampfblasen die Erwärmung an. Läßt man dann die Röhre erkalten, so steigt das Wasser in der umgebogenen Röhre in die Höhe.

Fig. 10.

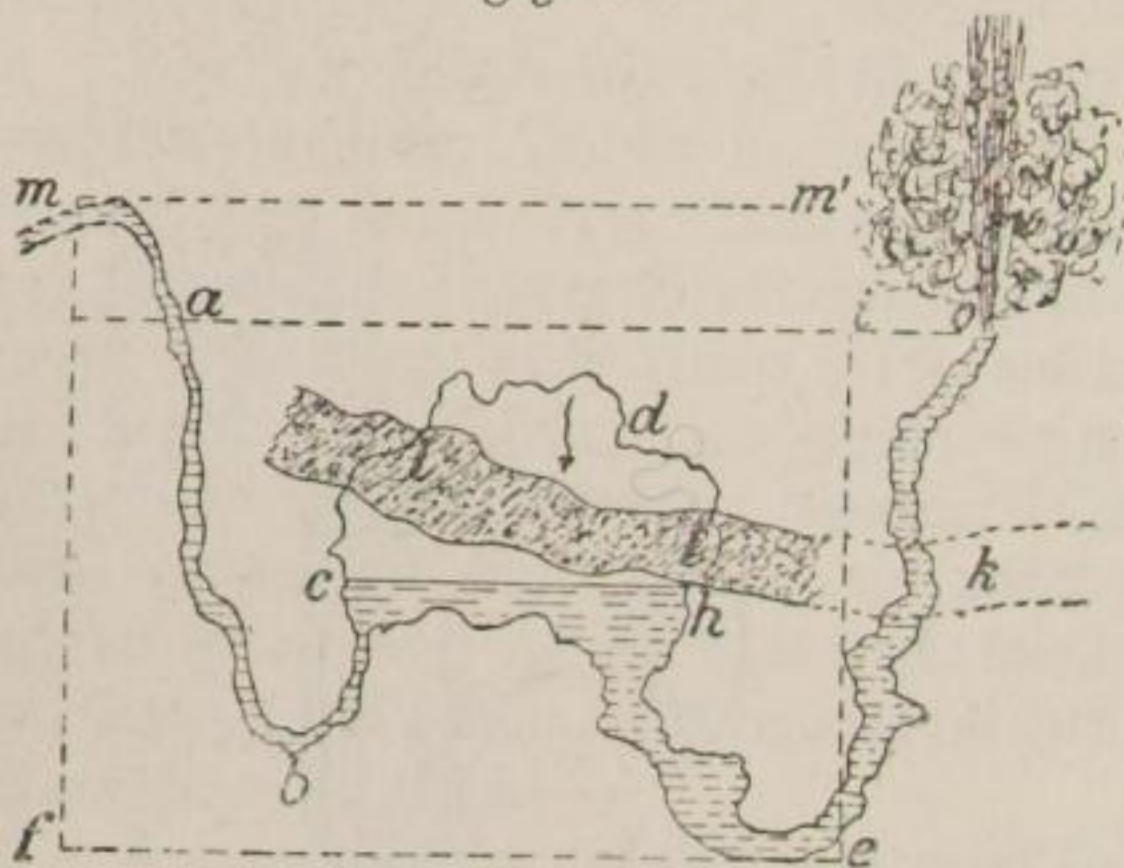


Endlich wird ein Apparat angegeben, welcher die Geyser-Eruptionen nachahmen soll. Derselbe stammt von G. Wiedemann, ist aber von Antolik ein wenig verändert worden, da der Wiedemann'sche Apparat nicht sicher genug die Wiederholung der Eruptionen zeigte. Ohne auf die ursprüngliche Form einzugehen, sei hier gleich die verbesserte angegeben. In Fig. 10 ist *m n b c* ein Glas Kolben, dessen Kork zweimal durchbohrt ist. Durch die eine Bohrung geht ein Rohr *a b*, welches oben in einem Trichter endigt, und mit seiner unteren Oeffnung *b* dicht unter dem Wasserspiegel *m n* im Ballon endigt. Die andere Röhre *d e* ist oben umgebogen und in eine Spitze ausgezogen. Der Ballon wird wie erwähnt bis *m n* mit Wasser gefüllt und

dann erhitzt. Der sich entwickelnde Dampf treibt das Wasser in $d e$ in die Höhe und dann mit kräftigem Strahl heraus. Sobald die Eruption erfolgt ist, tritt durch $d e$ etwas Luft ein und durch $a b$ wird etwas Wasser in den Ballon spritzen. Die Eruption wird also unterbrochen und beginnt von Neuem, wenn der Dampfdruck im Ballon auf die entsprechende Höhe getrieben worden ist. Nach kurzer Zeit wird der Zustand stationär werden und die Eruptionen werden mit großer Regelmäßigkeit erfolgen. Die Gesamtlänge des Antolischen Apparats betrug 105 cm, der Ballon faßte 3 Liter.

Der Vorgang bei der Eruption wird durch Fig. 11 verständlich. Es sei irgendwo eine dem Ballon entsprechende unterirdische Höhle $c d h$, welche durch den Kanal $a b$ Wasser zugeführt bekommt.

Fig. 11.



Sie besitzt im Kanal $e o$ einen Ausfluß, dessen Oeffnung o etwas tiefer als der höchste Punkt m des Zuflußkanals liegen muß und welche die Geysiröffnung sein wird. Berührt nun die Höhle die Lavaader ll , so wird das Wasser sich erhitzen, der Druck wird steigen und da die Oeff-

nung o von dem verdrängten Wasser zuerst erreicht werden wird, so wird dort das Wasser ausspritzen. Hierdurch wird eine Druckverminderung eintreten, und in folge dessen wird durch $a b$ neues Wasser zufließen, welches das heiße Wasser in der Höhle und den Dampf abkühlen wird. Die Eruption hört auf, die Wasserfäule in $e o$ sinkt und wird vielleicht sogar den Eintritt von Luft gestatten. Das Wasser erhitzt sich dann von Neuem und die Eruption erfolgt nach einiger Zeit abermals. Dies wiederholt sich dann in regelmäßigen Pausen. Die Linien $m f$ und $i e$ zeigen die Druckhöhen an, $m m'$ und $a o$ sind die Niveaus des Wassers.

Ueber die Verdampfungsgeschwindigkeit von Flüssigkeiten unterhalb ihrer Siedetemperatur unterm Ein-

flüsse eines Luftstromes hat P. de Heen Untersuchungen angestellt und über dieselben im Januar und Februar 1891 der Belgischen Akademie der Wissenschaften Bericht erstattet. Die zu verdunstende Flüssigkeit füllt die Hälfte eines mit einem doppelt durchbohrten Stöpsel geschlossenen Reagirglases. Durch die eine Durchbohrung tritt der Luftstrom ein, durch die andere aus; die Gewichtsverminderung des Reagirglases gibt die in einer gewissen Zeit verdunstete Flüssigkeitsmenge an. Das Rohr, durch welches das Gas austritt, mündet nahe oberhalb des Flüssigkeitsspiegels und es muß die Niveauänderung während eines Versuches verschwindend klein sein gegen den Abstand der Abzugsöffnung vom Flüssigkeitsspiegel; auf letzterem dürfen auch keinerlei Kräuselungen durch den Luftstrom verursacht werden. Der Gasstrom wurde durch eine Munké'sche Pumpe erzeugt und mit Hilfe eines Windkessels mit elektromagnetischer selbstthätiger Druckregulirung und eines zwischen Windkessel und Verdunstungsgefäß eingeschalteten Capillarrohres genügend gleichförmig erhalten. Das Verdunstungsgefäß, sowie ein das Gas zuführendes Schlangenrohr befanden sich in einem großen Flüssigkeitsthermostaten.

Die ersten Versuche wurden mit trockenen Gasen angestellt und führten zu folgenden Ergebnissen:

Die Verdampfungs geschwindigkeit wächst anfangs sehr rasch mit steigender Geschwindigkeit des Gasstromes; bei größeren Geschwindigkeiten des Gases nimmt aber dieses Wachsthum allmählich ab. Im Mittel kann man die Verdampfungs geschwindigkeit proportional der Quadratwurzel aus der Geschwindigkeit des Gasstromes setzen.

Die Temperatur übt in der Weise einen Einfluß, daß bei einer und derselben Substanz und gleicher Gasstromgeschwindigkeit die verdampfte Flüssigkeitsmenge direct proportional der Spannung ihres Dampfes ist.

Unter übrigens gleichen Umständen verhalten sich die verdampfenden Mengen verschiedener Flüssigkeiten wie die Producte aus Dampfspannung und Molekulargewicht.

Die Verdampfung geht unter dem Einflusse eines Gasstromes um so rascher von statten, je größer die Constante der innern Reibung dieses Gases ist. Auch fester Dampf verdampft viel langsamer in einem Strome von Wasserstoff als in einem solchen von atmosphärischer Luft.

Der Druck des Gasstromes übt keinen Einfluß auf die Menge der verdampfenden Flüssigkeit.

Um Versuche mit feuchter Luft anzustellen, ließ de Heen in einem Mischgefäß trockene Luft und mit Dampf gesättigte Luft zusammentreten. Die Mehrzahl seiner Versuche hat ihn auf die folgende Formel für die Verdampfungsgeschwindigkeit v geführt:

$$v = A \cdot F (100 - 0.88 f) \sqrt{V},$$

in welcher A eine constante Zahl, F die Spannkraft des gesättigten Dampfes bei der Temperatur der Flüssigkeit, f die auf die Spannkraft des gesättigten Dampfes $= 100$ bezogene Tension des Flüssigkeitsdampfes in dem zugeführten Gase und V die Geschwindigkeit des Gasstromes bedeutet.

Einige Versuche von Teclu, welche die Flamme eines Bunsenbrenners¹⁾ betreffen, mögen hier noch erwähnt werden.

Die Flamme eines Bunsenbrenners läßt sich in zwei Theile spalten, welche durch genügende Gas- und Luftzufuhr dauernd von einander getrennt werden können. Es wird dazu eine Glasröhre von 60 cm Länge und 2 cm Weite benutzt, welche an ihrem unteren Ende einen Trichter trägt. Unter demselben läßt man das Gas aus einer engen Röhre austreten und kann durch entsprechende Regulirung die Trennung der Flammen erhalten. Dann bemerkt man, daß die Flamme des Bunsenbrenners aus zwei Kegeln besteht, die gleiche Basis besitzen; der größere Kegel umhüllt den kleineren und entsteht durch Verbrennung derjenigen Gastheilchen, welche aus dem inneren Kegel unverbrannt austreten. Diese Verbrennung geht bei geringer Hitze vor sich und wird durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft vollzogen. Im inneren Kegel findet die intensivste Verbrennung des Leuchtgases bei hoher Temperatur statt, auch hierzu wird der Sauerstoff der äußeren Luft verwendet, denn das Gemisch aus Gas und Luft, welches aus der Brenneröffnung austritt, ist nur dann brennbar, wenn die das Brennerrohr umgebende atmosphärische Luft hinzutritt, und kann an sich nicht zur Entzündung gebracht werden. Dies zeigt sich sehr deutlich, wenn man im Innern der Brennerröhre elektrische Funken überschlagen läßt, es entzündet sich das Gemisch dann nicht. Auch kann man sich davon überzeugen durch

1) Journ. f. praktische Chemie. N. F. 44. S. 246. 1891.

die Brandfiguren, welche auf einem in die Flamme gehaltenen 0,5 cm dicken Holzbrettchen entstehen. Diese ergeben, daß nur in den beiden Flammenkegeln Verbrennung stattfindet, nicht aber im Innern des kleinen Kegels und im Zwischenraum zwischen den beiden Kegeln.

Elektricität und Magnetismus.

Für die Dielektricitäts-Constante des Wassers haben Arons und Cohn aus Kraftmessungen den Werth 76 gefunden¹⁾ und der letztere hat später gezeigt, daß aus der Beobachtung des zeitlichen Verlaufs von Condensator-Ladungen sich ein Werth ergibt, der innerhalb der Fehlergrenzen mit dem obigen übereinstimmt. Ein drittes Hilfsmittel, diese Größe zu messen, bietet sich in den Hertz'schen Schwingungen dar: bestimmt man mittels derselben den Brechungsexponenten n eines Körpers von sehr geringem Leitungsvermögen für sehr lange Wellen, so ist nach Maxwell's Theorie mit sehr großer Annäherung die Dielektricitäts-Constante gleich n^2 . Wenn man aber den Werth von n aus den Werthen des Brechungsexponenten die für kurze Wellenlängen (Lichtwellen) gelten mit Hilfe empirischer Dispersionsformeln berechnet, so erhält man beim Wasser einen Werth für die Dielektricitäts-Constante, der mit dem obigen nicht übereinstimmt. Nun haben aber Arons und Rubens die Brechungsexponenten elektrischer Wellen bei einer Reihe gut isolirender flüssiger und fester Substanzen untersucht und ausnahmslos das Maxwell'sche Gesetz bestätigt gefunden, auch in solchen Fällen, wo die optischen Beobachtungen zu widersprechen schienen. Die Vergleichung der gefundenen Werthe für die elektrischen Brechungsexponenten f mit den Quadratwurzeln aus den Dielektricitäts-Constanten der untersuchten Substanzen führt nämlich auf folgende Zahlenreihen:

	Elektrischer Brechungsexponent	Wurzel aus der Dielektricitäts-Constanten
Paraffin flüssig	1.47	1.41
= erstarrend	1.48	1.44
= fest	1.43	1.40
Glas I	2.33	2.32
= II	2.49	2.43

1) Wiedemann's Ann. Bd. 33, S. 13.

	Elektrischer Brechungs-Exponent	Wurzel aus der Dielektricitäts-Constanten
Ricinusöl	2.05	2.11
Olivenöl	1.77	1.75
Äthol	1.50	1.53
Petroleum	1.40	1.44

Beide Zahlenreihen sind, wie man sieht, in guter Uebereinstimmung; wenn also die aus optischen Beobachtungen berechneten Werthe der Brechungs-Exponenten sich dem Gesetze nicht fügen, so hat dies wahrscheinlich nur in der unberechtigten Ausdehnung empirischer Dispersionsformeln seinen Grund. Beim Wasser aber versagt die von Aron's und Ruben's zur Bestimmung der Brechungs-Exponenten elektrischer Wellen ihren Dienst. Indessen ist es Eohn¹⁾ gelungen, eine Versuchsanordnung herzustellen, bei welcher Reflexionen an den Grenzflächen des Wassers keine Störungen verursachen können, und mittels derselben hat er gefunden, daß der Brechungs-Exponent des destillirten Wassers bei 17° C für (elektrische) Schwingungen, deren ungefähr 100 Millionen in der Secunde von statten gehen, 8.6 beträgt, woraus für die Dielektricitäts-Constante des Wassers der Werth 73.5 folgt.

Elektrische Verdampfung. — Mit diesem Namen wird die Erscheinung bezeichnet, daß im luftverdünnten Raume das Metall der negativen Elektrode beim Durchgang des elektrischen Stromes verflüchtigt und an den Gefäßwänden abgelagert wird, die dadurch geschwärzt werden. Dieselbe ist zuerst von Wright (1877) beschrieben und zur Herstellung kleiner Metallspiegel empfohlen worden. Dieser Vorgang ist dem Verdampfen flüssiger und fester Körper durch die Wärme sehr ähnlich: in dem einen wie in dem anderen Falle werden den Molekülen der verdampfenden Körper solche Geschwindigkeiten ertheilt, daß sie bald aus dem Bereich der Anziehung der benachbarten Moleküle gelangen; eine über dem verdampfenden Körper lagernde Gasatmosphäre hemmt in beiden Fällen das Fortfliegen der Moleküle, und sowohl die Verdampfung durch Wärme als die elektrische erfolgt daher schneller im luftverdünnten Raume. Andererseits besteht ein wesentlicher Unterschied darin, daß eine beträchtliche Energiemenge zugeführt werden muß, wenn Ver-

1) Sitzungsber. der Preuß. Akad. d. W. 3. Dec. 1891, S. 1037.

dampfung durch Wärme stattfinden soll, während zur elektrischen Verdampfung der Metalle eine geringe Zufuhr negativer Elektricität genügt. Soll aber gleichwohl die Anschauung eine gewisse Berechtigung haben, daß beide Erscheinungen gleichartig sind, so wird man erwarten dürfen, daß die elektrische Verdampfung durch Wärmezufuhr gefördert wird, und ebenso umgekehrt die Verdampfung durch Wärme durch Zufuhr negativer Elektricität. Einige Versuche von Crookes scheinen dies zu bestätigen.¹⁾

Mit Wasser wurden die Versuche in der Weise angestellt, daß zwei flache, mit angesäuertem Wasser gefüllte Schälchen auf einer Wage ins Gleichgewicht gebracht wurden; in jedes wurde ein Platindraht getaucht, der aber nur das Wasser berührte, der eine Draht ward mit einer Induktionsspirale verbunden, der andere isolirt. Wurde so das Wasser der einen Schale $1\frac{3}{4}$ Stunden mit dem positiven Pole verbunden, so war doch kaum ein Gewichtsunterschied beider Schälchen wahrzunehmen, wenn aber dem Wasser negative Elektricität zugeführt worden war, so verlor es in Zeit von ungefähr $1\frac{1}{2}$ Stunde 0.001 seines Gewichts. Die Verdunstung des Wassers am negativen Pol wird also auch unter Atmosphärendruck beschleunigt.

Weitere Versuche mit Cadmium, Silber und anderen Metallen erwiesen den fördernden Einfluß der Wärme auf die elektrische Verdampfung am negativen Pol. Die negative Cadmiumelektrode verlor, auf 230° erwärmt, in einer halben Stunde 7.52 g, die positive unter gleichen Umständen nur 0.09 g. Eben so schnell ward Silber an der negativen Elektrode verflüchtigt.

Die Erwartung, daß bei Anwendung einer Legirung als Kathode eine Trennung der Bestandtheile eintreten werde, bestätigte sich nicht bei Messing, wohl aber bei einer purpurfarbenen Legirung von Gold mit Aluminium: Das erstere erwies sich sehr stark flüchtig, Aluminium dagegen läßt sich überhaupt nicht verflüchtigen.

Vergleichende Messungen über die Verflüchtigung der Metalle als Kathoden führten für gleiche Oberflächen auf folgende relative Zahlwerthe:

1) Proceedings of the Royal Soc. 1891, Vol. L, Nr. 302, p. 88. Nature XLIV, p. 212.

Pd	108	Pt	44
Au	100	Cu	40·24
Ag	82·68	Cd	31·99
Pb	74·05	Ni	10·99
Sn	56·96	Jr	10·49
Messing	51·58	Fe	5·50

Die Division dieser Zahlen mit den specifischen Gewichten der betreffenden Metalle führt auf die folgende Reihe:

Pd 9, Ag 7·88, Sn 7·76, Pb 6·61, Au 5·18 Cd 3·72, Cu 2·52, Pt 2·02, Ni 1·29, Fe 0·71, Jr 0·47.

Aluminium und Magnesium scheinen unter den Bedingungen der erwähnten Versuche überhaupt nicht flüchtig zu sein.

Die elektrische Flüchtigkeit der Metalle ist hiernach weder mit der Reihenfolge der Schmelzpunkte, noch mit derjenigen der Atomgewichte oder anderer bekannter Constanten übereinstimmend.

Daß bei den oben erwähnten Versuchen Cadmium sich so stark verflüchtigte, weit rascher als Gold oder Silber, obwohl seine Flüchtigkeit weit hinter der des Silbers zurücksteht, rührt daher, daß die Temperatur von 320° dem Schmelzpunkte des Cadmiums ganz nahe liegt, von dem des Goldes und Silbers aber sehr weit entfernt ist.

Benutzt man als Kathode einen kleinen Pinsel von Goldfäden, so erhält man auf der gegenüberliegenden Röhrenwand eine Ablagerung, die sich als zusammenhängende Haut ablösen läßt, unterm Mikroskop aber von zahlreichen kleinen Löchern durchsetzt erscheint. Später ist es aber Crookes gelungen, auf diese Weise auf einer unter den Pinsel gestellten Glasplatte Spiegel zu erhalten, die an Dicke zunahm, bis ein abhebbares homogenes Blatt entstand. Auch von Silber und Platin wurden solche zusammenhängende Häutchen erhalten.¹⁾

Die Zerstreung der Elektrizität, d. h. die Thatsache, daß die Elektrizität eines geladenen, durch Stützen isolirten und von Luft umgebenen Leiters sich allmählich verliert, ohne daß ein sichtbarer Leiter vorhanden ist, zu dem disruptive Entladungen übergehen könnten, ist trotz vielfacher Untersuchungen immer noch

1) Mittheilung von Crookes an die British Association zu Cardiff. Nature XLIV, p. 455.

eine ihrem Ursprung nach räthselhafte Erscheinung. Ohne Zweifel sind die Stützen von Einfluß, die Größe desselben ist aber unbekannt; ebenso wenig wissen wir über die Wirkung der umgebenden Luft, sowohl der freien als des den Leiter einhüllenden Luftsäulchens, desgleichen über den Einfluß des Wasserdampf- und Staubgehaltes der Luft. Neuere Versuche von *Marr*¹⁾ scheinen wenigstens „einiges Licht in dieses dunkle Gebiet zu werfen.“ Bei diesen Versuchen bestand der Leiter aus einer hochpolirten Messinghohlkugel, welche oben einen durch eine kleinere Kugel verschließbaren Tubus enthielt. In die Kugel war ein Kupferdraht geschraubt, welcher mittels eines verschiebbaren Quecksilbernäpfschens die Verbindung mit einem Sinuselektrometer herstellte. Durch Einfüllen von siedendem Wasser in die Hohlkugel war es möglich, Versuche mit heißer Kugel abwechselnd mit solchen mit kalter Kugel anzustellen. Die Kugel hing an einem Seidenfaden, die Temperatur der heißen Kugel nahm nur sehr langsam ab. In einem bestimmten Moment wurde eine gewisse Elektrometerladung auf die Kugel gebracht, nach zwei Minuten die Ladung bestimmt und dann aus wiederholten Messungen die Abnahme in der Minute ermittelt.

Bei Füllung der Kugel mit heißem Wasser ergaben sich nun bei Ladung mit positiver wie mit negativer Elektricität nach 3 und nach 6 Minuten wesentlich dieselben Zerstreungszahlen. Dadurch wurde die Beobachtung *Biot's* bestätigt, daß die Art der Ladung ohne Einfluß ist auf die Zerstreung.

Auch die Temperatur scheint ohne Einfluß zu sein. Besondere Versuche, die nach dieser Richtung angestellt wurden, gaben zwar innerhalb derselben Versuchreihe größere Werthe der Zerstreungszahlen bei heißer als bei kalter Kugel; aber die Unterschiede waren doch nicht größer als sie bei gleicher Temperatur der Kugel an verschiedenen Tagen sich ergaben. Obwohl also die heiße Kugel lebhafteste Luftbewegungen in ihrer Umgebung erzeugt, werden doch die Zerstreungszahlen wenig davon beeinflusst. Sie scheinen also ziemlich unabhängig zu sein von dem freien Gase und den darin suspendirten Staubtheilchen, die an der heißen Kugel vorbeitreiben.

Zum Schutze gegen jeden Blitzschaden schlägt *Rich. Klim-*

1) *Wiedemann's Ann.* Bd. 44, S. 133.

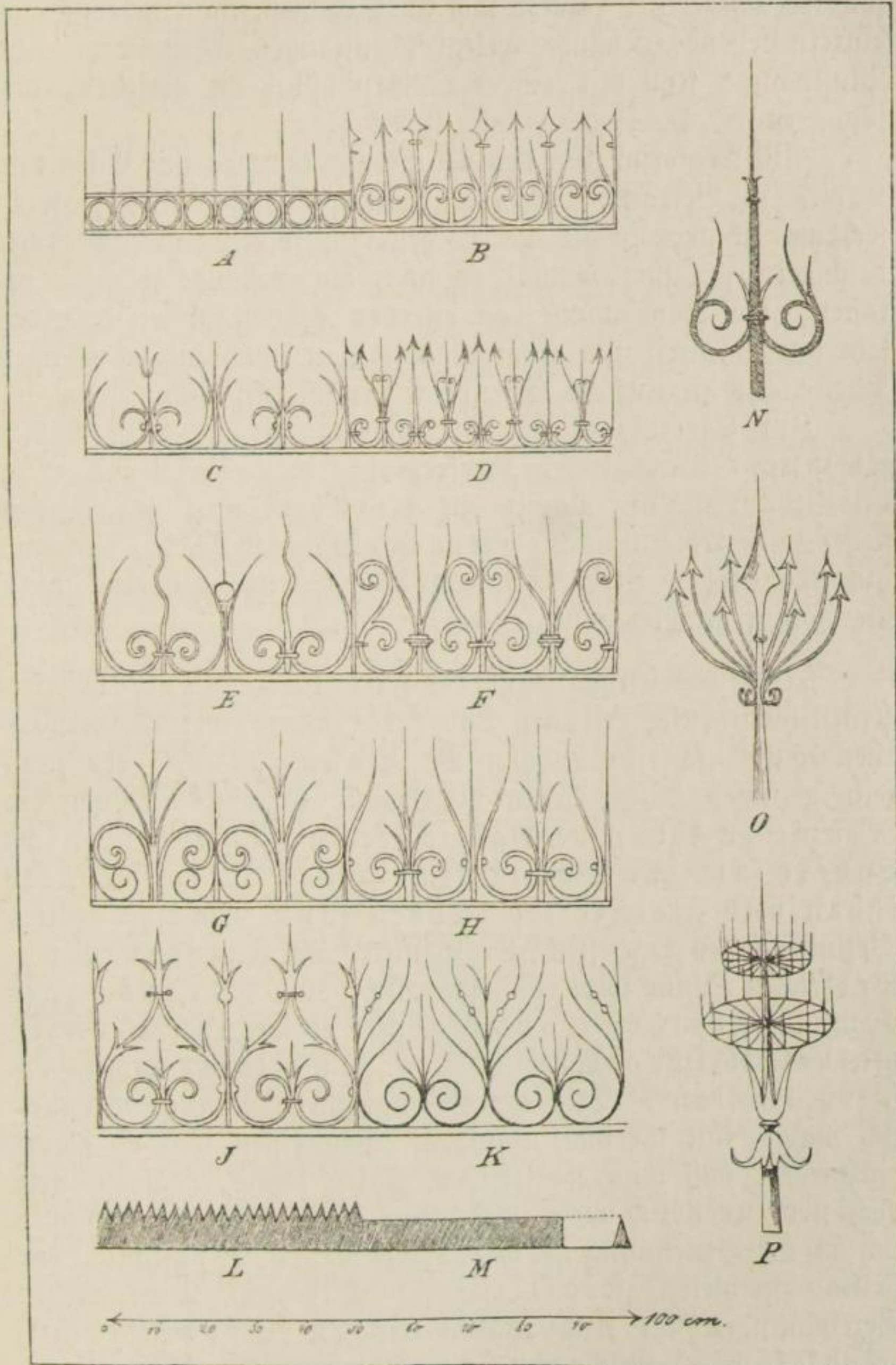
per t vor, ¹⁾ jeden Hausbesitzer zu zwingen, jedes ihm gehörige Gebäude mit einem Blitz- oder Wetterkamm auszustatten, welcher aus einer großen Menge von Metallspitzen besteht, die auf den höchsten Theilen des Gebäudes angebracht und unter einander, so wie mit der Erde durch ein System von metallischen Leitern verbunden sind. Auf diese Weise soll nicht bloß das einzelne Gebäude gegen die schädlichen Folgen eines Blitzschlages sicher gestellt, sondern die Blitzgefahr überhaupt beseitigt werden, indem die große Menge von Spitzen eine Ansammlung großer Electricitätsmengen von hoher Spannung in der Atmosphäre überhaupt nicht zuläßt. „Durch die permanente influenzirende Wirkung des Blitzkammes soll eine stete Ausgleichung zwischen Luft- und Erdelectricität herbeigeführt und so der Blitzschlag überhaupt, als auch diejenigen Witterungserrscheinungen verhindert werden, bei denen eine dieselben erregende oder befördernde Einwirkung der Luftelectricität unverkennbar ist.“

Verschiedene Formen des Blitzkammes sind in Fig. 12 in $\frac{1}{20}$ natürlicher Größe dargestellt. Die Kämme A bis D besitzen eine Höhe von 20 cm, E bis K eine solche von 35 cm, L aber hat 8 und M, welcher die Form einer scharfen Messerschneide hat, nur 5 cm Höhe. Die beiden letzten Formen bringt Kimpert für einfache und Nebengebäude, sowie zur Ausstattung der Schornsteinkappen in Vorschlag. Je schärfer die Spitzen sind, desto besser wird der Kamm wirken. Dieser Kamm ist über den ganzen First des Daches, von einem Ende des Dachrückens zum andern, sowie auch über die Schornsteine, welche mit einem Kranze des Blitzkammes zu versehen sind, sowie über alle Ecken, Gipfel, Kanten u. s. w. hochstehender Gebäude theile zu führen und muß ein ununterbrochenes Metallband bilden.

Hat das Gebäude ein Metaldach, eisernen Dachstuhl, eiserne Tragsäulen, enthält es verzweigte Rohrleitungen, Maschinen, Transmissionen oder sonst große Metallmassen, so ist ein solches Gebäude mit einer verhältnißmäßig größeren Anzahl von Spitzen zu versehen, damit die in größerer Menge

1) Kimpert, Keine Gewitter mehr! oder wie man sich mit einfachen Mitteln vor allen Blitz- und Gewitterschäden schützen kann. Sonder-Abdruck aus „Praktische Physik.“ Magdeburg, 1891.

Fig. 12.



zuströmende Electricität auch genügende Ableitung findet. Besonders ausgesetzte Punkte, wie Giebelspitzen, Fabrikshornsteine, einzeln stehende Gebäude, Telegraphenstangen, Thurmspitzen und Mastbäume sind mit einem Spitzenbüschel zu versehen, wie solche in N, O, P dargestellt sind.

Als Material für den Blitzkamm kommen nur Eisen und Kupfer in Betracht. Da die Leitungsfähigkeit des letzteren sechsmal so groß ist als die des ersteren, so erscheint das Kupfer besonders geeignet, zumal es auch die Gebäude weniger belastet. Bei Anwendung von eisernen Spitzen müssen dieselben sehr gut geschärft und feuervergoldet sein, während die übrigen Theile aus verzinktem Eisenblech herzustellen sind.

Zur Verbindung des Blitzkammes mit der Erde schlägt Rimpert 5 mm dicken Kupferdraht vor. Dabei rechnet er bei Gebäuden, die einzeln in der Ebene oder auf Bergen stehen, eine Ableitung auf je 100 qm bebauter Fläche, während inmitten großer Städte erst auf 250 bis 300 qm eine solche für nöthig erachtet wird.

„Wer das Großartigste der Faraday-Maxwell'schen Kraftlinientheorie erkennen und insbesondere wer es verwerthen will,“ schreibt Ludwig M. Baumgardt,¹⁾ der muß sein geistiges Auge daran gewöhnen, Kraftlinien im Raume zu sehen und gleichzeitig zu zählen, nicht anders als man die Halme eines Strohbüschels sehen und gleichzeitig zählen kann. An einer exakten Definition des Begriffes „Kraftlinien“ im Faraday-Maxwell'schen Sinne fehlt es bekanntlich nicht: Für das ganze vom Magnetpol 1 ausgehende Linienbüschel rein mathematischen Charakters substituirt man 4π „Kraftlinien“. Trotz der Strenge dieser Definition können sich manche mit ihr nicht abfinden. Dem einen fällt es schwer einzusehen, daß man Kraftlinien zählen könne, obgleich ihrer doch stets unendlich viele vorhanden seien. Andere ... stoßen sich an die Benennung „Kraftlinien“; es sei unsinnig, von so und so vielen „Kraftlinien“ zu reden. Diese mögen Bezeichnungen im Auge haben wie „Kraftströmen“, „Kraftfäden“, welche von Faraday-Maxwell herrühren,

1) Elektrotechn. Ztschr. 1891, Heft 32, S. 420.

und die auf den ersten Blick passender erscheinen. Thatsächlich ist dies durchaus falsch; denn was nützen Ausdrücke wie „Kraftfäden“, „Krafttröhren“, mehr als „Kraftlinien“, solange man nicht ein Maximalmaß der Magnetisirung annimmt? Im Eisen selbst verdünnen sich diese „Kraftfäden“ dann ja doch zu „Kraftlinien“ rein mathematischen Charakters. Baumgardt hält es daher für praktische Zwecke für gerechtfertigt, ein Kraftlinienbündel von 0.005 qmm Querschnitt als einen Kraftfaden zu bezeichnen; „denn erstens gehen ihrer sovielen auf 1 qcm als in der Praxis je vorkommen, nämlich 20 000, zweitens ist die Eigenschaft der Kraftlinie, die Richtung der Kraft anzugeben, so gut wie ganz gewahrt, praktisch jedenfalls hinreichend gewahrt. Da man aber den Verlauf und die Anzahl der Kraftlinien sowohl im Eisen als außerhalb desselben verfolgt und da die Dichte derselben in beiden Medien fast stets eine verschiedene ist, so empfiehlt sich eine etwas allgemeinere Definition der „praktischen“ Kraftlinien“, welche Baumgardt in den Worten gibt: „Für das ganze Linienbüschel (mathematischer Natur), welches vom Pol 1 ausgeht, werden 4π , rund 13, Kraftfäden (im Faraday-Maxwell'schem Sinne) substituirt, deren jeder in der Entfernung 1 cm vom Pol 1 einen Querschnitt von 0.005 qmm oder einen Kreisdurchmesser von rund 0.08 mm besitzt“.

Seit den wichtigen Versuchen von Hertz ist man unter den Physikern allgemein bemüht, die Thatsachen aufzuklären, welche nach den neueren Anschauungen als die Hauptpunkte der ganzen Elektricitätstheorie anzusehen sind. Die Elektricität ist eine Kraft, welche durch Schwingungen hervorgerufen wird. Diese Schwingungen pflanzen sich mit einer gewissen Geschwindigkeit — nach Hertz mit der des Lichtes — fort und zwar in der Hauptsache durch Nichtleiter, durch Dielektrica, und es kommt nun darauf an, zu untersuchen, in welcher Weise diese Fortpflanzung erfolgt, welche Gesetze für sie gelten und wie sie mit den andern physikalischen Größen zusammenhängt. Es ist daher nur natürlich, daß ein großer Theil der Arbeiten der Elektriker sich mit diesen Fragen beschäftigt. So sind in letzter Zeit die Dielektricitätscon-

stanten für verschiedene Körper nach verschiedenen Methoden bestimmt worden, man hat ihren Zusammenhang mit dem Brechungsexponenten des Lichtes und mit der Temperatur aufzufinden gesucht, und hat sich überhaupt bemüht, allgemeine Gesetze für Richtung und Größe der durch den Raum fortgepflanzten Energie aufzustellen. Es ist zunächst J. H. Poynting¹⁾ gelungen, ein Gesetz für die Uebertragung der Energie im elektromagnetischen Felde abzuleiten. Poynting geht von der Maxwell'schen Theorie aus und stellt zunächst die Behauptung auf, daß die elektrische Energie, da sie sich ja unzweifelhaft durch den Raum fortpflanzt, und das zwischen einem primären Strom und seinem secundären Inductionsstrom liegende Medium passirt, einem mathematischen Gesetze folgen müsse. Er findet dabei durch Rechnung ein Gesetz, welches er folgendermaßen formulirt:

„Die Energie fließt so senkrecht zu der Fläche, welche die elektrische und magnetische Kraftlinie enthält, daß der Betrag, welcher durch die Flächeneinheit in einer Secunde eindringt gleich ist dem Produkte: elektromotorische Intensität \times magnetische Intensität \times \sin des eingeschlossenen Winkels: 4π , während die Richtung des Energiestroms dadurch gegeben wird, daß die drei Größen: elektromotorische Intensität, magnetische Intensität und Strom der Energie nach dem Princip einer rechts drehenden Schraube geordnet sind. Es folgt zugleich, daß die Energie senkrecht zu den elektrischen Kraftlinien fließt, also längs den Flächen gleichen elektrischen Potentials, wo diese vorhanden sind. Sie fließt auch senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien, also längs den Flächen gleichen magnetischen Potentials, wo diese vorhanden sind. Wenn beide Scharen von Flächen vorkommen, so sind ihre Schnittlinien die Stromcurven der Energie.“

Ohne daß hier auf den ziemlich complicirten mathematischen Beweis dieses Gesetzes näher eingegangen wird, sei noch hinzugefügt, daß Poynting dasselbe auf verschiedene einfache Fälle anwendet. Als bemerkenswerthe Ergebnisse seien genannt, daß sich aus dem Gesetze ergibt, daß die Energie eines geradlinigen Stromes gar nicht durch den Leitungsdraht strömt, sondern aus

1) Phys. Revue I. S. 48. 1892.

dem nichtleitenden Medium, welches den Draht umgibt, einströmt, und daß sie unmittelbar nach dem Eintreten in den Draht beginnt, in Wärme umgewandelt zu werden. Wenn die Energie in den Draht einströmt und die einzelnen Drahtschichten durchsetzt, so wird immer mehr in Wärme verwandelt, je tiefer die Energie in den Draht eindringt, bis in der Mitte des Drahtes alle Energie in Wärme umgesetzt ist.

Es folgt also, daß die Kenntniß der Constanten des Mediums, welche die Energieübertragung bestimmen, von größter Wichtigkeit ist. Dies ist nun zunächst die sogenannte Dielektricitätsconstante, d. h. diejenige Größe, mit welcher man die Ladung eines Condensators multipliciren muß, wenn man statt Luft eine andere feste oder flüssige isolirende Schicht zwischen den beiden Platten benutzt. Diese Constante ist stets größer als 1 und ist nach Maxwell gleich dem Quadrate des Brechungsindex des Dielectricums. Wir würden also hier eine Beziehung haben, welche sehr einfach und bequem die Dielektricitätsconstante zu bestimmen gestattet. Es ist nun schon vielfach versucht worden, diese Größe zu bestimmen. Allein die Sache hatte ihre Schwierigkeiten, weil die Ladung des Condensators von der Zeit abhängig ist und sich mit derselben ändert. Ohne daß man recht wußte, woher diese Veränderung kam, hat man durch häufige Umkehr der Ladung den Fehler zu beseitigen gesucht, und die Herz'schen Schwingungen lieferten in neuester Zeit ein willkommenes Mittel dafür. Trotzdem ist man nicht zu übereinstimmenden Resultaten gekommen, denn die Untersuchungen haben die oben angeführte Beziehung von Maxwell bald bestätigt, bald nicht bestätigt. Es werden daher immer wieder neue Methoden erdonnen, mit Hülfe deren man die Dielektricitätsconstante messen kann. So arbeitet Bouty¹⁾ mit Ladungen von langer Dauer, indem er die Dielektricitätsconstante des Glimmers untersucht. Seine mit äußerst feinen Apparaten und mit Verwendung eines Capillarelektrometers angestellten Untersuchungen ergaben für den Glimmer eine sehr constante Zahl, welche sich mit der Temperatur in geringem Maße verändert, ebenso wie der Brechungsexponent (die Aenderung betrug nahe $\frac{1}{50}$). Jedoch ergab sich diese Zahl als

1) Phys. Revue I. S. 76. und S. 219 1892.

mehr wie das Dreifache des Quadrats des Brechungsindex, also keine Uebereinstimmung mit Maxwell's Gesetz. Die Dielektricitätsconstante des Glimmers war im Mittel 8.

Eine nicht unbedeutende Meinungsverschiedenheit herrscht über die Dielektricitätsconstante des Glases. Mit ihr haben sich in neuer Zeit J. J. Thomson,¹⁾ E. Lecher²⁾ und R. Blondlot³⁾ beschäftigt. Alle drei messen die Constante mit schnellen elektrischen Schwingungen und zwar Thomson und Blondlot mit Hertz'schen Schwingungen von $\frac{1}{25000000}$ Secunden Dauer, Lecher theils mit statischen Ladungen durch eine Influenzmaschine, theils mit Ruhmkorff'schwingungen und theils mit Hertz'schen Schwingungen. Dabei erhielten die beiden ersten übereinstimmend 2.7 als Dielektricitätsconstante des Glases, das von Blondlot verwendete Glas hatte 1.51 als Brechungsindex, während die Wurzel aus der Dielektricitätsconstante 1.65 ist. Dabei stellte sich heraus, daß bei schnellen Schwingungen die Dielektricitätsconstante kleiner wird. Dieses letztere und der Werth der Constante wird nun von Lecher angezweifelt, welcher im Gegentheil fand, daß die Constante bei schnellen Schwingungen viel größer ist als bei langsamen. Er hält daher die Methode der Messungen für ungeeignet. Seine Werthe waren:

Ladungszeit (Secunden)	Spiegelglas	Solinglas
0.5	4.67	4.64
0.0005	5.34	5.09
0.00000003	7.31	6.50

Es sei hier noch darauf hingewiesen, daß Blondlot eine sehr geschickte Nullmethode verwendete, indem er eine große Messingplatte A A' (Fig. 13) aufstellte (51×32 cm) und ihr gegenüber eine kleinere Metallplatte B B' anbrachte, welche zusammen einen Condensator bilden, der zur Ase X X symmetrisch ist, und sich durch die Kugeln a und b entladen kann. Die Kugel a ist dabei mit der Gasleitung, die Kugel b mit einem Ruhmkorff in Verbindung, dessen anderer Pol ebenfalls an die Gasleitung angeschlossen ist. Der Strom oscillirender Entladungen besitzt dann eine Periode von $\frac{1}{25000000}$ Secunden.

1) Phys. Revue I. S. 117. 1892.

2) Wied. Ann. 42. S. 142. 1891.

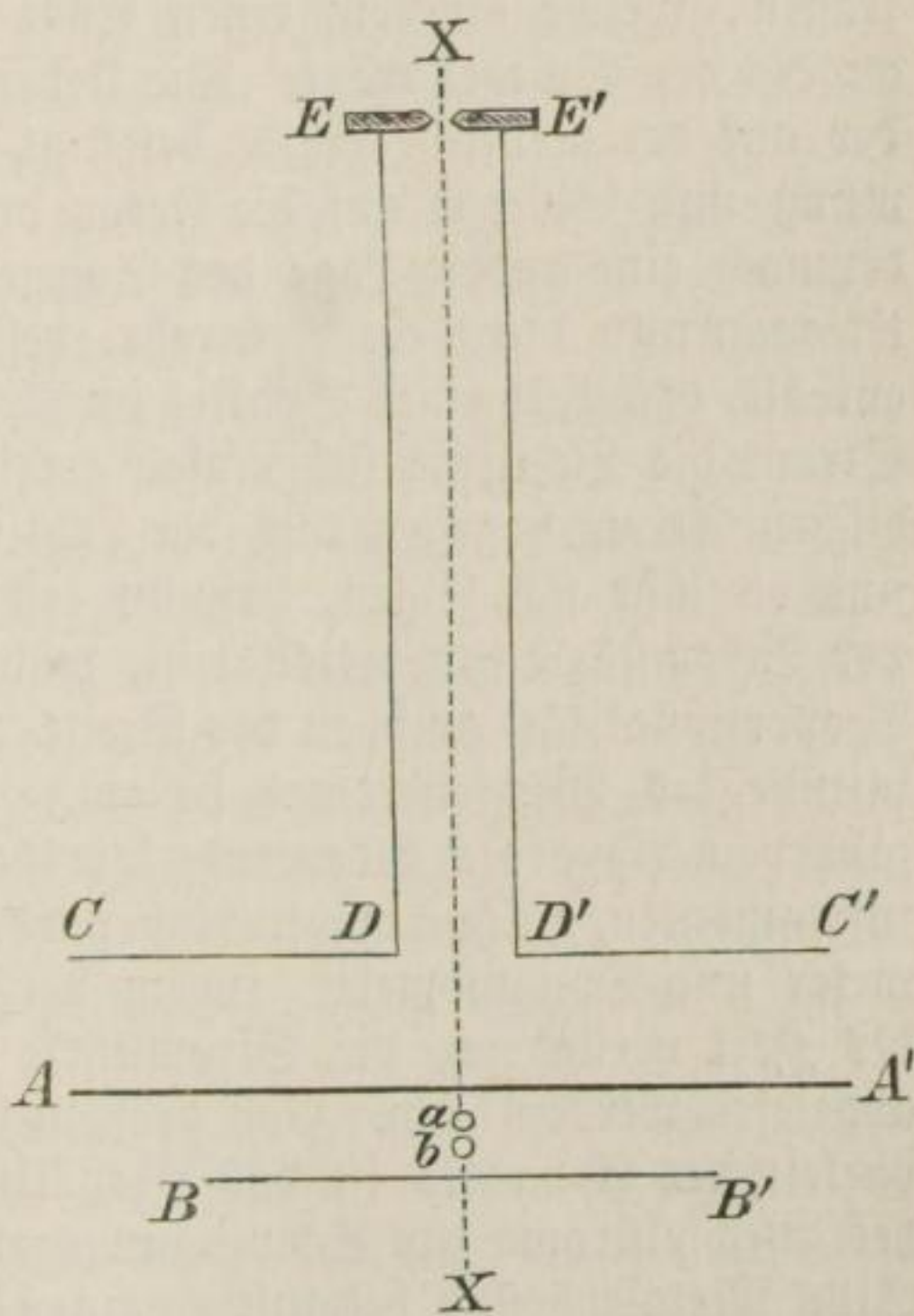
3) Phys. Revue I. S. 121. 1892.

Wenn AA' mit der Erde verbunden ist, kann in dem Raume, in dem CC' liegt, keine elektrische Kraft dauernd existiren, da eben AA' dann einen Schirm bildet. Aber die oscillirenden Entladungen zwischen AA' und BB' rufen elektromagnetische Kräfte mit sehr kurzen Perioden hervor, deren Feld XX zur Symmetrieaxe hat. In diesem Felde sind die beiden quadratischen Platten CD und $C'D'$ aufgestellt und mit den Drähten DE und $D'E'$ in Verbindung. Die Enden E und E'

tragen zwei Kohlen-
spitzen, welche gegen-
seitig genähert und ent-
fernt werden können.
So lange der Apparat
in dieser Zusammen-
setzung in Thätigkeit
erhalten wird, kann
zwischen E und E' kein
Funke überspringen,
weil diese Punkte in
der Symmetrieaxe lie-
gen; dagegen wird sofort
ein Funkenstrom ein-
treten, sobald zwischen
 CD und AA' ein Di-
elektricum eingeschoben
wird, z. B. eine Glas-
platte. Durch Einschalt-
ung einer Schwefel-
platte zwischen $C'D'$
und AA' , deren Dicke
durch Umgießen geän-
dert werden konnte, er-
reichte nun Blondlot, daß dieser Funkenstrom wieder ver-
schwand. Dies wird dann eintreten, wenn die Inductionen auf
 CD und $C'D'$ einander gleich geworden sind. Aus den Dicken
der Glas- und Schwefelplatte wird dann durch leichte Rechnung
das Verhältniß der Dielektricitätsconstanten zu finden sein.

Einen sehr zweckmäßigen Meßapparat für Stromstärken
einfacher und Wechselströme liefert *Max Wien* in seinem opti-

Fig. 13.



sehen Telephon.¹⁾ Dieses ist ein Telephon, dessen Membran ihre Schwingungen derart auf einen Spiegel überträgt, daß derselbe die Oscillationen mitmacht. Die Bewegung des Spiegels wird dann durch ein Fernrohr beobachtet. Da es bei diesem Apparat nicht auf die akustische Wirkung ankommt, so kann das Telephon alle die Theile entbehren, welche nur diesem Zwecke dienen. Daher ist die dicke Eisenplatte durch eine dünne Neusilberplatte ersetzt, welche dem Elektromagneten gegenüber, nämlich in ihrer Mitte ein Stück weichen Eisens trägt. Die Bewegungen dieser Platte werden auf eine feine Uhrfeder übertragen, welche an dem einen Ende eingeklemmt ist und am andern den Spiegel trägt. Die Uebertragung besorgt ein Stift, der auf der Neusilberplatte befestigt ist und zwischen Einklemmung und Spiegel auf die Feder drückt. Jeder Strom wird demnach eine andere Lage des Spiegels hervorrufen. Beobachtet man nun durch ein Fernrohr, dessen Ocular eine Theilung enthält, das Bild eines Spaltes im Spiegel, so wird bei ruhigem Strom die Lichtlinie sich einfach verschieben, bei einem periodischen Strom dagegen aus der Lichtlinie ein Lichtband werden und es läßt sich zeigen, daß im ersten Falle die Verschiebung der Stromstärke proportional ist, während im zweiten Falle die Proportionalität zwischen der Breite des Bandes und der Amplitude des Wechselstromes besteht. Diese einfache Beziehung gibt dem Apparate bedeutende Vorzüge vor andern Strommeßinstrumenten, die noch empfindlicher arbeiten mögen, wie Galvanometer und Dynamometer, indem bei Strömen, welche sich mit der Zeit verändern, die Stromstärke in jedem Moment direct abgelesen werden kann. Von großem Einfluß auf die Verwendbarkeit des Apparats ist das Verhältniß der Schwingungszahl des Wechselstroms zur Schwingungszahl des Apparates. Jedes Stück Metall besitzt bekanntlich einen Eigenton und somit hat sowohl die Membran, als auch die Uhrfeder mit dem Spiegel einen Eigenton. Ist nun die Schwingungszahl des Wechselstroms gegen die des Eigentons sehr groß, so läßt sich nachweisen, daß der Ausschlag gleich dem eines constanten Stroms ist, d. h. man kann die Amplitude direct mit der Intensität eines constanten Stroms vergleichen, also die Amplitude des

1) Wied. Ann. 42. S. 593. 1891. 44. S. 681. 1891.

Wechselstroms absolut messen. Dies würde also die Verwendbarkeit des Telephons für die Technik ermöglichen. Stimmen dagegen die beiden Schwingungszahlen überein, so wird der Ausschlag sehr groß, der Apparat also zur Messung sehr schwacher Wechselströme geeignet und also seine Verwendung bei Untersuchung von Fragen finden, die mit oscillirenden Entladungen, Herz'schen Schwingungen u. s. w. zusammenhängen. Da Wien vor Allem das Letztere im Auge hat, so beschränkt er sich darauf, den Apparat so zu construiren, daß möglichst leicht und genau die Schwingungszahlen des Apparats und die des Wechselstroms gleich gemacht werden können.

Es wird nun im Folgenden eine Beschreibung des Apparats gegeben werden an der Hand von drei Figuren (14—16), deren erste den Apparat in Vorderansicht, die zweite in Seitenansicht zeigt und deren dritte den Unterbrecher des Stroms wiedergibt, mit dem dessen Schwingungszahl regulirt wird. In Figur 14 und 15 bedeutet R einen Messingrahmen, an welchem die aus gewelltem Neusilberblech nach Art einer Dose für ein Aneroidbarometer hergestellte Membran mit sechs Schrauben befestigt ist. In der Mitte der Membran ist ein rundes Stück weichen Eisens E und E₁ (Fig. 14 und 15) mit Hilfe eines Messingstiftes A (Fig. 15) befestigt, welcher ein Gewinde besitzt, durch welches die beiden Eisenstücke auf die Platte festgeklemmt werden. Die beiden Eisenstücke sind durch ein Holzstück getrennt, damit ihre Magnetpole sich nicht zu sehr stören. Durch Einschrauben dickerer oder dünnerer Eisenscheiben kann man den Eigenton der Membran ändern.

Die Magnete M und M' (Fig. 14 und 15) sind Hufeisenmagnete und tragen an ihren Enden kleine Elektromagnete e₁ — e₄. Es sind nur drei davon sichtbar, die den Eisenstückchen E und E' gerade gegenüberstehen. Die Magnete M und M' sind um zwei Schrauben δ und δ' drehbar befestigt. Die Drehung wird durch die Schrauben S₁ und S₂ bewirkt und hat den Zweck, die Magnete den Eisenscheiben E und E' mikrometrisch zu nähern.

Der Stift A besorgt die Uebertragung auf den Spiegel S (Fig. 15). Dieser ist aus Glas und ruht auf einer Nickelfeder aus ganz dünn gewalztem Blech. Die Feder kann durch längere und stärkere, je nach der gewünschten Tonhöhe ersetzt werden.

Diese Feder ist durch die Schraube s_1 eingeklemmt, und etwa 1 mm von Einklemmungspunkt drückt der Stift A auf die Feder. Wenn

Fig. 14.

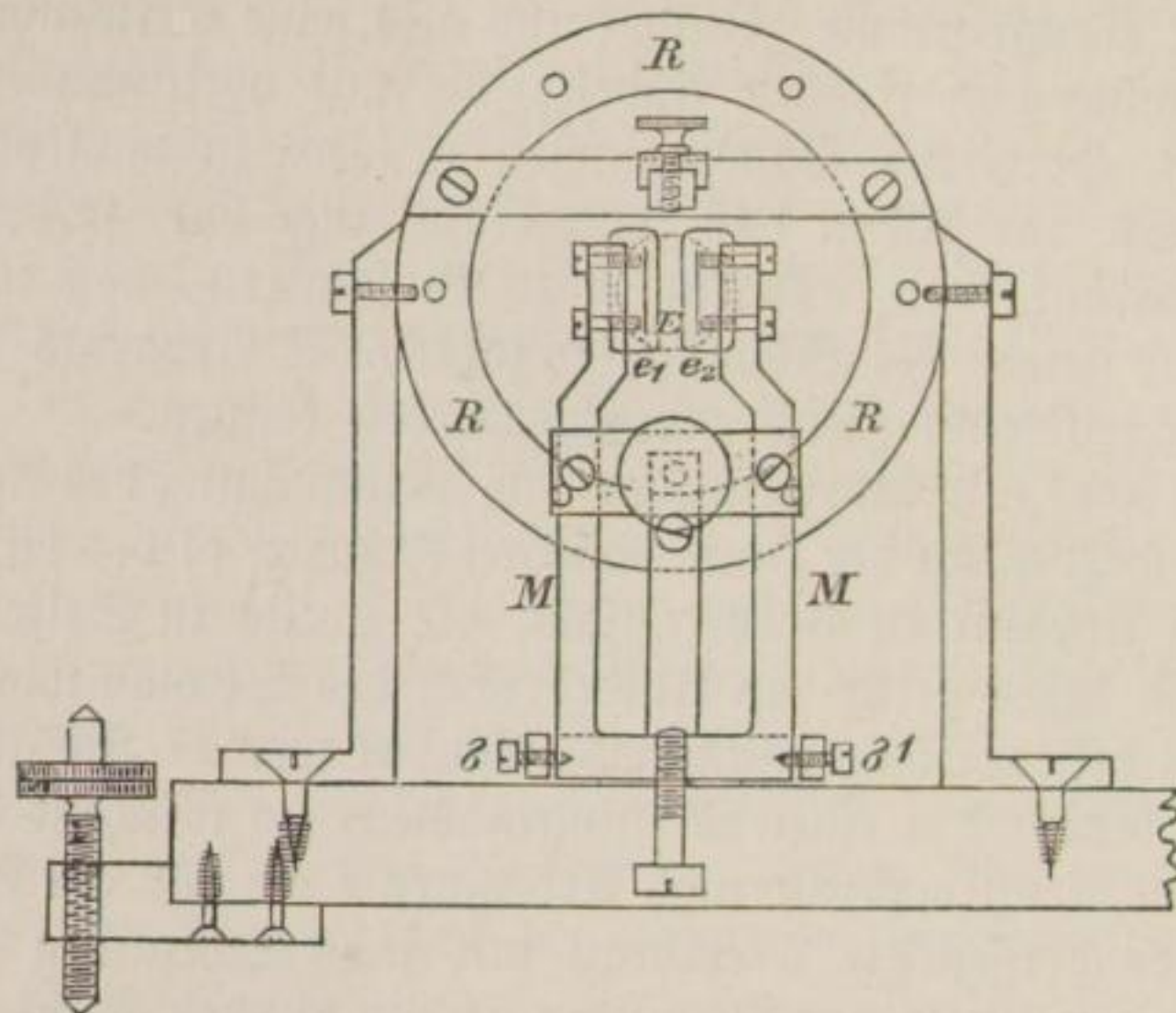
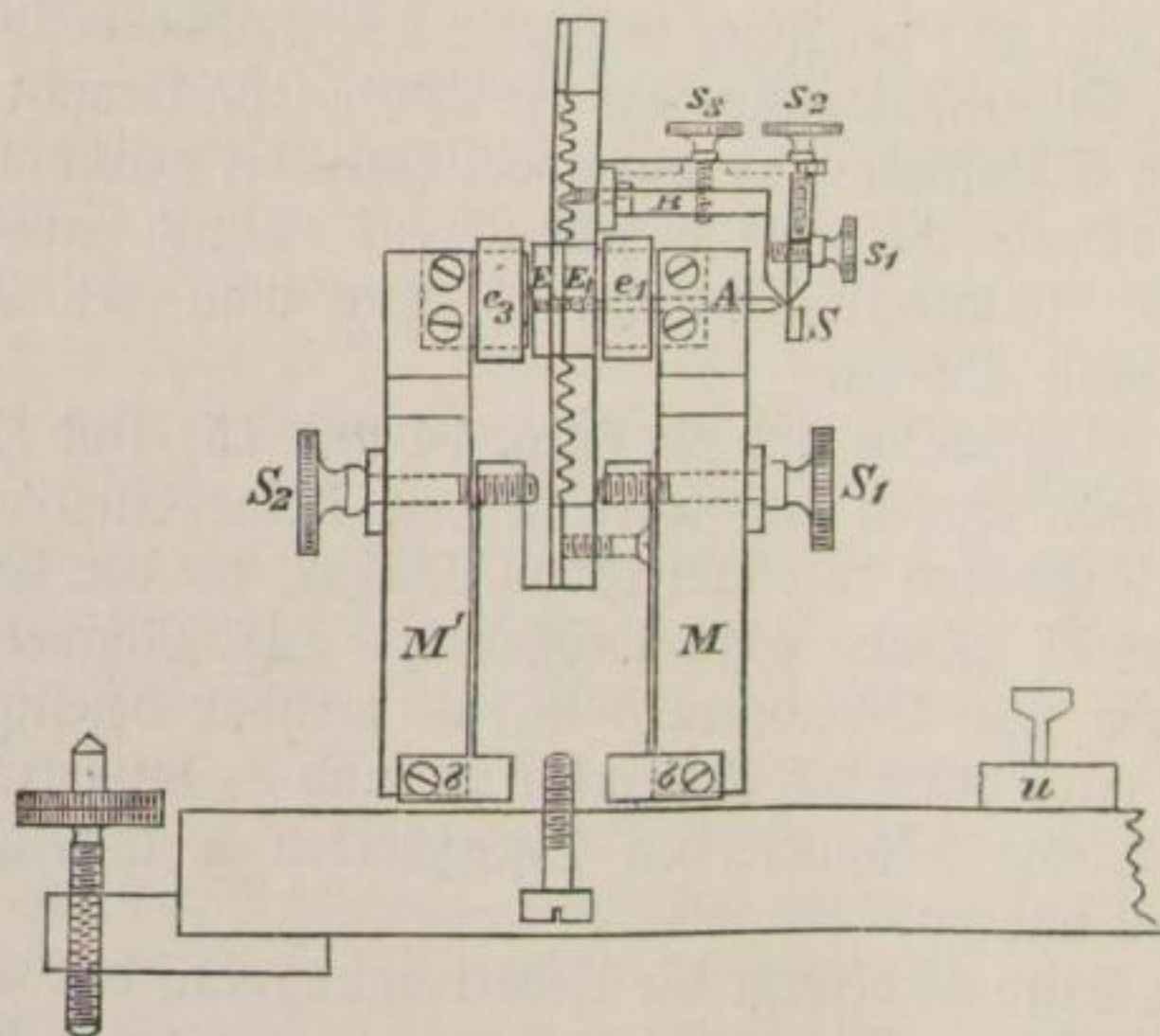


Fig. 15.



man die Schraube s_1 löst, so kann durch eine andere Schraube s_2 (Fig. 15) die Länge der Feder mikrometrisch regulirt werden.

Dieser ganze Apparat ist durch die Schraube s_3 mit Hilfe des Messingbalkens B am Rahmen R befestigt. Man kann so den Spiegel dem Rahmen R nähern oder ihn von ihm entfernen, je nachdem der Stift A stärker oder schwächer auf die Feder drücken soll. Durch den Schaltapparat u (Fig. 15) kann man die vier Elektromagnete $e_1 - e_4$ hintereinander oder parallel schalten. Da jeder derselben 100 S=E Widerstand besitzt, so kann man 25, 100 oder 400 S=E Widerstand im ganzen Apparat einschalten.

Fig. 16 zeigt den Stromunterbrecher. Dieser besteht aus einem 1 mm dicken Eisendraht $D_1 - D_2$, welcher auf ein Holzgestell in der Weise aufgespannt wird, daß D_1 fest eingeschraubt ist, während D_2 an das Ende eines Hebels HH befestigt ist, welcher durch die Schraube s_3 um den Punkt A gedreht werden kann. Damit die Saite immer in gleicher Höhe bleibt, ist das kurze Ende von HH, auf welchem die Saite ruht ein Kreisbogen, dessen Mittelpunkt A ist. Die Saite wird nach Art des Wagner'schen Hammers durch den Elektromagnet M in

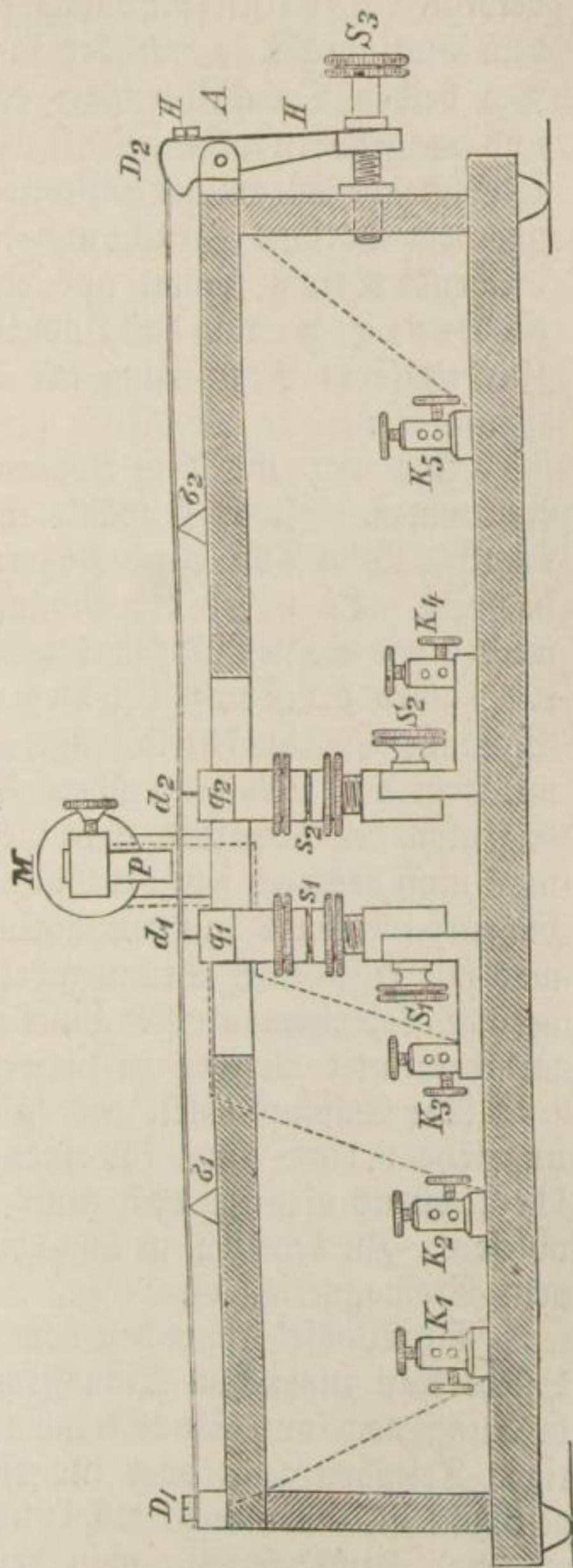


Fig. 16.

Schwingungen versetzt. Sie trägt nämlich einen Platinstift d_1 , der in den Quecksilbernaps q_1 taucht und die Unterbrechung besorgt. Der Unterbrechungsapparat für den Strom besteht in dem Platindraht d_2 , welcher in den Quecksilbernaps q_2 taucht. Die beiden Quecksilbernäpfe können durch die Schrauben s_1 und s_2 gehoben oder gesenkt werden. Der aus einer Batterie I kommende Strom geht also über K_1 D_1 d_1 q_1 K_3 M und K_3 nach der Batterie zurück, und treibt die Saite, der zu unterbrechende Strom kommt aus einer Batterie II und geht über K_5 D_2 d_2 q_2 K_4 und das Inductorium nach der Batterie zurück. Zur weiteren Regulirung der Tonhöhe dienen noch die Stege s_1 und s_2 .

Ehe man mit dem Apparat arbeiten kann, muß man ihn einstimmen. Zunächst wählt man die Membran passend und regulirt ihren Ton durch Nähern oder Entfernen der Elektromagnete. Je näher die Magnete nämlich sind, um so mehr werden die Schwingungen der Membran gedämpft und um so tiefer wird der Ton. Ist dies geschehen so regulirt man die Schraube s_2 (Fig. 15) so lange, bis der Eigenton des Spiegels mit dem der Membran übereinstimmt. Es läßt sich nun der Eigenton des Apparats nicht mehr in bequemer Weise ändern, man muß demnach jetzt die Saite d. h. die Periode des zu untersuchenden Stroms auf den Eigenton des Apparats einstimmen, was mit Hilfe einer Stimmgabel geschieht. Demnach wird das optische Telephon in erster Linie zur Untersuchung von Strömen mit bekannter Periode zu verwenden sein.

Die Empfindlichkeit des so eingestellten Apparats beträgt ungefähr $3 \cdot 10^{-7}$ Amp. für einen Scalentheil Ausschlag. Dies scheint etwas niedrig, doch kann man bequem $1/10$ Scalentheil ablesen. Zu beachten ist auch die vollkommene Unabhängigkeit vom Erdmagnetismus.

Ein Wechselstrom, der von einem Inductorium herrührt, besteht nun außer dem Sinusstrom von der Periode der Unterbrechung noch aus Sinusströmen höherer Perioden. Das optische Telephon zeigt aber für die Periode, auf welche es eingestimmt ist, einen mehr als 100 fachen Ausschlag, wie für jede andere. Demnach kann man den Ausschlag für Sinusströme höherer Periode vernachlässigen. Der Strom des Inductoriums ist also für den Apparat ein einfacher Sinusstrom.

Mit Hilfe dieses Apparats hat nun Wien eine ganze Anzahl von Messungen unternommen, welche an und für sich nicht genug allgemeines Interesse besitzen, um hier beschrieben zu werden. So maß er z. B. das Selbstpotential von Rollen, Polarisationsströme u. s. w. Für das genauere Studium dieser Messungen wird auf die Originalabhandlung verwiesen.

Ueber die Ausstrahlung der Elektricität aus Spitzen verbreitet sich Antolik¹⁾ um nachzuweisen, daß der elektrische Wind, der sich dabei sehr deutlich zeigt, nur eine Nebenerscheinung ist, und daß die Elektricität wirklich selbst ausstrahlt. Er bringt nämlich in einen großen Glaskolben (von 4 Lit. Volum) heißes Wasser und stellt einen mit einer Messingkugel versehenen Metalldraht in denselben. Sodann stellt er dem Kolben gegenüber eine Ausstrahlungsspitze auf, die er mit einem Leitungsdraht verbindet. Wird der im Kolben befindliche Metalldraht durch eine Leidener Flasche elektrisirt, so wird aus der Ausstrahlungsspitze Elektricität ausgesaugt, welche auf dem Kolben eine Figur hervorrufft, die nach dem Bestäuben mit Schwefel-Mennigepulver deutlich zu sehen ist und manchmal $\frac{1}{4}$ der ganzen Glasfläche bedeckt. Die Spitze kann in Entfernungen von 5—50 cm aufgestellt werden; das heiße Wasser hat den Zweck, die Oberfläche des Kolbens vor Feuchtigkeit zu schützen. Diese Figur besteht aus zwei concentrischen Ringen, deren Inneres staubfrei, also neutral ist, und zwar sind die Ringe weiß oder roth je nachdem man mit positiver oder negativer Elektricität arbeitet. Zur Hervorrufung der Figur genügt eine Zeit von 5 Secunden und es ist nöthig, den Metalldraht im Kolben sofort mit der Erde leitend zu verbinden. Man kann auch so verfahren, daß man die Ausstrahlungsspitze mit einer Elektrisirmaschine oder einer Leidener Flasche 5—10 Secunden lang in Verbindung setzt und den im Kolben befindlichen Draht mit der Erde leitend verbindet. Auf großen Glasplatten erreichen die Kreise 40—50 cm Durchmesser. Diese Figuren werden den mannichfachsten Veränderungen unterworfen, wenn man zwischen Spitze und Kolben dünne Metalldrähte spannt. Diese müssen gut gespannt, 2—3 m lang sein und näher am Kolben als an der Spitze stehen. Man erhält dann innerhalb der neutralen

1) Zeitschr. für physik. u. chem. Unterricht 5. S. 5. 1892.

Kreisfläche ein Schattenband, welches kreuzförmig wird, sobald ein zweiter zum ersten senkrechter Draht gespannt wird. Spannt man statt der Metalldrähte isolirende Fäden, Zwirn oder Seide auf, so zeigen sich, je nachdem sie mehr oder weniger vollkommen isoliren, sehr schmale Schattenbänder, ja diese können ganz verschwinden, wenn sie nahe genug am Kolben sich befinden. Wenn man den zwischen Spitzen und Kolben gestellten Körper die verschiedenartigsten Formen gibt, lassen sich eine ganze Reihe interessanter Figuren erreichen, die hier nicht wiedergegeben werden können. Es sei daher bezüglich dieser Figuren auf die der Originalabhandlung beigegebene Tafel verwiesen.

Die Glasplatten geben nur im Winter gute Resultate, während die durch das heiße Wasser erwärmten Glaskolben stets functioniren. Besonders empfiehlt Antolik Blechplatten, deren Oberfläche mit einem Gemisch von $\frac{3}{4}$ Kolophonium und $\frac{1}{4}$ schwarzem Pech 2—3 mm dick übergossen wird, welche aber vor jedem Versuch mit einem Bunsenbrenner erwärmt werden müssen.

Eine weitere Gruppe von Figuren bilden die Versuche über gleitende Electricität. Sie entstehen, wenn man die Ausstrahlungsspitze dem Glaskolben oder der Glasplatte bis zur Berührung nähert. Man erhält sie auch, wenn man zwei Kolben sich berühren läßt und den einen elektrisirt.

Ferner ist es möglich, mehrere Figuren übereinander zu lagern, indem man zwei Vichtenberg'sche Figuren übereinander entstehen läßt. Wenn man auf die Kolbenoberfläche die positive Belegung einer Leidener Flasche entladet, während die andere mit der Innenseite in Berührung ist, so erhält man die bekannte Vichtenberg'sche Figur mit den Verästelungen. Kehrt man dann die Ladung um und entladet die negative Belegung auf dieselbe Stelle, so erscheint die negative Figur auf der positiven. Diese kann eine aus der Luft inducirte Figur positiven Charakters an sich ziehen, so daß wir drei Figuren übereinander haben. Eine andere Figur gibt eine Rückentladung wieder; die Figur ist schwer herzustellen, und man bekommt sie am schönsten, wenn man eine mit Stanniol auf der Unterseite belegte Glasplatte einer Spitze in einer Entfernung von 5 cm gegenüberstellt, beide mit den Polen einer mit großen Condensatoren versehenen Influenzmaschine verbindet und so lange elektrisirt, bis der Rück-

schlag erfolgt. Die Entladung erfolgt, wie es nach der Figur scheint so, daß die Elektricität von außen nach innen strömt.

Schließlich gibt Antolik noch eine Methode an, die Lichtenberg'schen Figuren festzuhalten. Zu diesem Zwecke werden in einem Gewichtstheil Tafelöl zwei Gewichtstheile schwarzes Bech und sechs Gewichtstheile Kolophonium geschmolzen und das Gemisch auf Blechscheiben gegossen. Läßt man auf diese Scheiben, so lange sie noch warm und weich sind, elektrische Funken überschlagen, so entstehen sehr regelmäßige Figuren von 0.2 bis 0.5 mm Tiefe, die mit Schwefel-Mennigepulver bestreut für lange Zeit aufbewahrt werden können.

Diese ganze hier beschriebene Vorrichtung zur Erzeugung elektrischer Figuren benutzt Antolik wieder für eine Anzahl von Schulversuchen¹⁾ über Influenz. Er stellt sich nämlich ein Messingrohr her, welches an dem einen Ende eine große, am andern eine kleine Messingkugel trägt und weist mit Hülfe jenes mit warmem Wasser gefüllten Glaskolbens die Existenz der Influenzelektricitäten erster und zweiter Art nach. Wird nämlich die Messingröhre vertical aufgehängt, und der Glaskolben dem obern Ende (welches hier die kleine Kugel trägt) gegenübergestellt, so bewirkt eine unter den Apparat gehaltene elektrisirte Kautschukplatte eine negative Figur. Wird die Kautschukplatte weggenommen, nachdem die Messingröhre mit der Hand berührt worden ist, so erhält man eine positive Figur auf dem Kolben. Die Messingstange, welche 80 bis 100 cm lang ist, kann auch mit Kügelchen beklebt werden und auf diese Weise die Vertheilung der Elektricität zeigen.

Aus der sehr großen Zahl von Versuchen über elektrische Erscheinungen seien folgende herausgegriffen.

Die Wärmewirkung der Elektricität wird dadurch gezeigt, daß ein mit einer Kugel versehener Draht mit der äußeren Belegung einer Leidener Flasche verbunden wird. Die Kugel wird mit Leinwand umwickelt, in Schwefeläther getaucht und dem inneren Beleg genähert. Der überspringende Funke entzündet den Schwefeläther sofort.

Die Abstößung und Anziehung elektrischer Wasserstrahlen kann mit folgendem einfachen Apparat vor-

1) Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. 4. S. 280. 1891.

geführt werden. Zwei Glaskolben werden nebeneinander verkehrt aufgehängt. Ihre Hälse sind mit doppelt durchbohrten Korken verstopft, welche je zwei kurze mit Spitzen versehene Glasrohre für den ausfließenden Strahl und je zwei längere Rohre für den Luftzutritt tragen. Ferner sind die Korken von je zwei langen bis in's Wasser reichenden Stechnadeln durchstoßen, welche mit Leitungsdrähten verbunden sind. Werden dann die beiden Kolben von einer Influenzmaschine der eine mit positiver, der andere mit negativer Elektrizität geladen, so lassen sich bequem folgende Versuche machen: 1. die elektrische Anziehung und Abstoßung; 2. die Neutralisation beider Elektrizitäten; 3. einige Influenzerscheinungen; 4. Spitzenwirkungen und 5. daß mit den herabfallenden Tropfen in die unter die Wasserstrahlen aufgestellten Gefäße viel freie Elektrizität gelangt, welche in einem gut geheizten und verfinsterten Zimmer hübsche Lichterscheinungen zeigt.

Mit Hülfe einer Blitztafel glaubt Antolik die Vorgänge in Gewitterwolken einigermaßen nachahmen zu können. Dieselbe ist 92 cm lang und 50 cm breit und nur auf einer Seite mit handbreiten, verticalen Streifen präparirt. Diese werden mit Leim bestrichen und mit Feilspähnen verschiedener Metalle wie Zn, Sn, Pb, Fe, Cu, Ni, Co, Ag u. s. w. mittelst feinen Siebes bestreut. Es zeigt sich dann, daß jeder Funke, welcher überspringt, starke Inductionerscheinungen hervorruft, indem nämlich gegen die Funkenbahn viele schwächere Blitze schießen, daß also der Funke das ganze elektrische Feld der Tafel beeinflusst. Antolik glaubt, daß die elektrischen Erscheinungen einer Wolke ganz analog vor sich gehen. Sodann läßt sich der 20 cm lange Funke der Influenzmaschine leicht auf das Fünffache verlängern, was eine Erklärung für die große Länge der Wolkenblitze sein würde. Drittens ist das negative Ende der Funkenbahn breiter als das positive, also auch heller, und man würde so ein Mittel in der Hand haben, die Ladung der Wolken zu bestimmen. Endlich nimmt der Blitz, je nach den Metallen über welche er weg geht, verschiedene Farben an und zwar die Farben ihrer Dämpfe, so daß diese Metalle durch den Funken verdampft werden müssen.

Um Glasstafeln zu sprengen, ohne sie zu durchlöchern werden zwei congruente 15 cm lange, 10 cm breite

und 5 bis 10 mm dicke geschliffene Spiegelglasplatten aufeinander gelegt, nachdem die eine mit zwei Stanniolstreifen, die sich gegenüberstehen, aber nicht berühren versehen worden ist. Die Platten werden stark zusammengedrückt und an einigen Stellen mit Siegellack verklebt. Dieser Apparat wird auf ein Becherglas gestellt und die Stanniolstreifen mit den Platten einer Leidener Flaschenbatterie verbunden. Der Funke sprengt dann die Platten längs der Funkenbahn entzwei, und es zeigen sich beiderseitig an dieser zahllose Risse, sodaß auch Stücke herausgesprengt werden können. Die Risse gehen unter Umständen bis an die Ränder der Platten. Ist der Funke zu stark, so werden selbst sehr dicke Platten vollkommen zerstäubt und zerbröckelt. Die Entfernung der Enden der Stanniolstreifen kann bis 10 cm betragen. Im reflectirten Licht zeigen die Scheiben Farben dünner Blättchen namentlich unter dem Mikroskop.

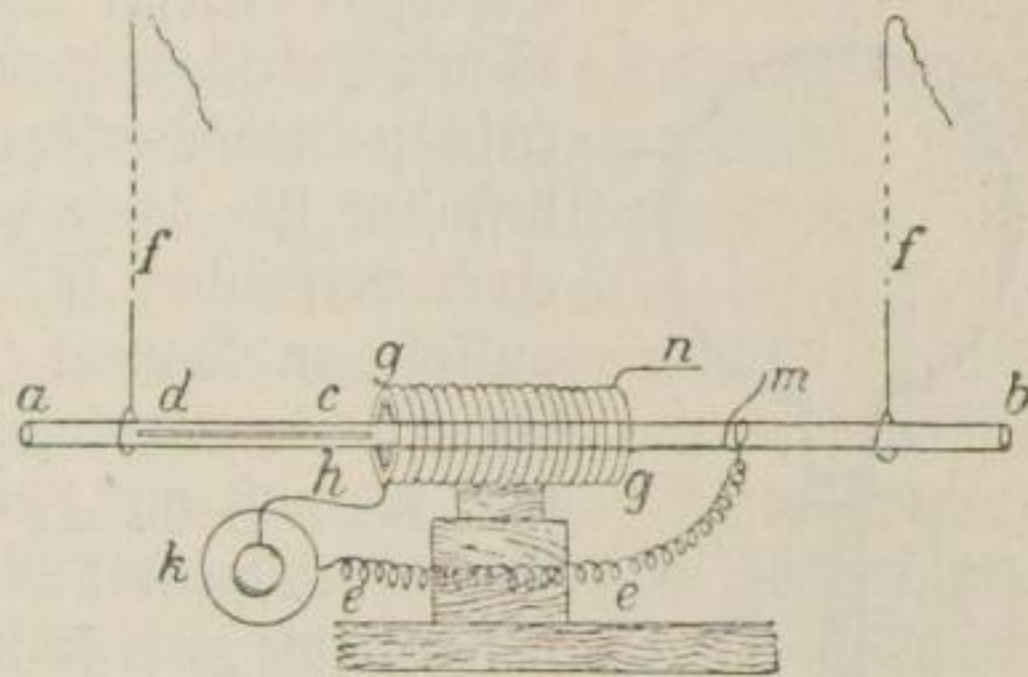
Um den Erdmagnetismus nachzuweisen bringt man auf dem zu diesem Zwecke gewöhnlich verwendeten weichen Eisenstab eine Drahtspule an, welche mit einem Galvanometer in Verbindung ist.

Durch regelmäßiges Hin- und Herschieben lassen sich sodann leicht Ausschläge von 40° — 60° erreichen, wenn der Stab die Richtung der Declination und Inclination besitzt.

Ein sehr einfaches Motormodell ist folgendes (Fig. 17). Die Glasröhre *ab* hängt an den beiden Fäden *ff* und trägt einen Stab weichen Eisens *de*. Die Röhre ist durch die Spule *gg* gesteckt, deren eines Ende *n* den an die Glasröhre befestigten Draht *m* berührt. Die Spule erhält ihren Strom durch die Batterie *k*. Wird der Strom geschlossen, so zieht die Spule den Eisenstab *de* in sich hinein, der Contact bei *n* und *m* wird geöffnet und die Glasröhre pendelt wieder zurück, um diese Bewegung regelmäßig zu wiederholen.

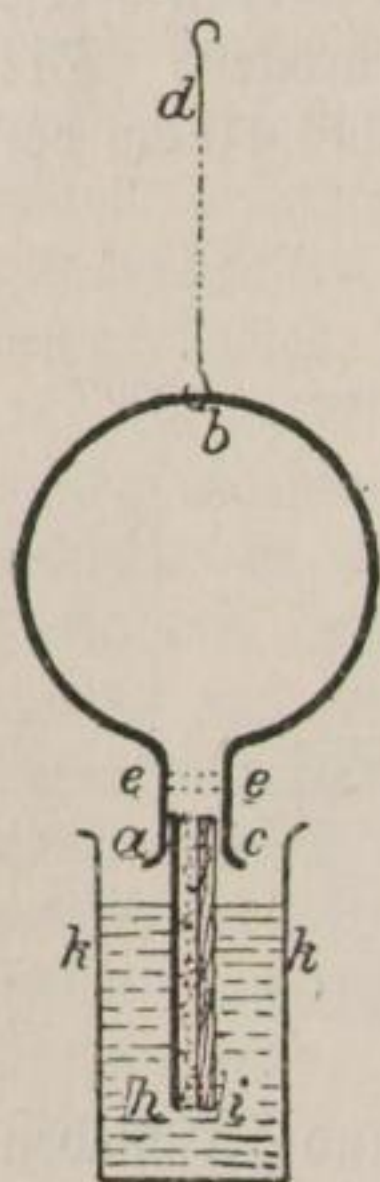
Der de la Rive'sche Schwimmapparat wird dahin

Fig. 17.



verbessert, daß ein starker Kupferdraht kreisförmig gebogen wird und die Enden desselben parallel gestellt werden (Fig. 18). Zwischen diese klemmt man eine Kupferplatte *h*, Löschpapier und eine Zinkplatte *i* durch Zusammenschnüren mit einem Zwirnsfaden *e e* ein und hängt das Ganze an einem Faden auf, während das Kupferzinkelement in verdünnte Schwefelsäure taucht. Mit diesem Instrument lassen sich dann die bekannten Versuche — Abstoßung und Anziehung von Strömen durch Magnete und andere Ströme u. s. w. — leicht ausführen.

Fig. 18.



Lucas und Garret¹⁾ geben eine Methode an, Herz'sche Schwingungen objectiv darzustellen. Sie bedienen sich nämlich einer Röhre, die sie mit Chlornwasserstoff füllen, und in der sie den Funken überschlagen lassen, so daß bei jedem Funken eine Explosion erfolgt. Der untere Theil der Röhre ist mit Salzsäure gefüllt, welche durch den elektrischen Strom zerlegt wird, indem Gasgemisch befinden sich dann die beiden Drähte, deren einer verstellbar ist, um die Funkenstrecke reguliren zu können. Wenn nun durch jeden Funken eine Explosion hervorgebracht werden soll, so muß die Zeit, die nöthig ist, neues Gas in genügender Menge zu beschaffen, kleiner sein, als die Zeit zwischen zwei Funken. Dieses Intervall wird meist klein sein, also wird auch wenig Gas sich entwickeln können. Damit nun die entwickelte Menge für die Explosion reicht, ist die Röhre eng zu nehmen und die Funkenstrecke muß nahe an der Oberfläche der Salzsäure liegen. Läßt man den Apparat so wirken, so zeigt sich jedoch, daß sehr selten eine Explosion stattfindet. Dies hat seine Ursache darin, daß beim Aufsteigen der entwickelten Gase sich leicht Tröpfchen an die Drahtenden hängen und die Funkenstrecke ausfüllen. Dann kann sich natürlich kein Funke bilden und auch keine Explosion erfolgen.

Diese Schwierigkeit wird beseitigt, wenn man die Drähte, welche die Funkenstrecke bilden, mit einer Batterie verbindet,

1) Phys. Rev. I. S. 473. 1892.

so daß jedes Tröpfchen, welches sich ansetzt, sofort zersezt wird. Dabei muß nur die Vorsichtsmaßregel gebraucht werden, daß man die Verbindungsdrähte mit der Batterie an Knoten der Schwingungen anbringt, also den Strom an Knotenpunkten einführt. Dann hat der Strom auf die Wirkung des resonirenden Drahtsystems keinen Einfluß, und die Batterie kann dauernd angeschlossen werden. Dabei kann man diesen durch die Funkenstrecke gehenden Strom von der Batterie abzweigen, welche die Salzsäure zersezt.

Dieses Verfahren ermöglicht auch eine ganz kleine Funkenstrecke herzustellen. Man schaltet zu diesem Zwecke in die durch den Resonator gehende, eben erwähnte Zweigleitung ein Galvanometer ein, und nähert die beiden Drähte bis zu dem Momente, wo man einen Ausschlag erhält. Dann schraubt man ein klein wenig wieder zurück bis der Strom eben unterbrochen, die Nadel also eben zurückgegangen ist.

Versuche mit Schwefelsäure, also mit Knallgas, ergaben keine so guten Resultate als solche mit Chlorwasserstoff. Der Funke reicht meist nicht hin, die Explosion herbeizuführen. Die verwendete Röhre war 16 cm lang und hatte 8 mm inneren Durchmesser und die Funkenstrecke war 5 cm vom obern Ende entfernt.

Die im 27. Bande des Jahrbuchs beschriebenen Versuche über Entladung negativ elektrisch geladener Körper durch Belichtung sind von Elster und Geitel¹⁾ in Wolfenbüttel weiter fortgesetzt worden. Sie untersuchten vorherrschend Alkalimetalle und deren Legirungen und zwar bezüglich des Einflusses, den die Entfernung der Lichtquelle und die Farbe des ausgesendeten Lichts ausübte. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, daß das betreffende Metall oder die Legirung in eine Glasugel gebracht wurde, die an ihrem untern Ende eine Platinelektrode trug, welche die Zuleitung der Elektricität vermittelte. Seitlich war eine zweite Elektrode eingeführt, die aber das Metall nicht berühren durfte. Um Kalium oder Natrium und ihre Amalgame mit reiner, metallisch glänzender Oberfläche zu erhalten, war ein sinnreicher Apparat erdacht worden, dessen Einzelheiten hier nicht beschrieben werden können, durch welchen die Metalle in einem besondern Gefäß im Vacuum geschmolzen

1) Wied. Ann. 43. S. 225. 1891.

und durch einen Trichter filtrirt wurden und so in die oben erwähnte Kugel gelangten.

Die Versuche wurden nun so angestellt, daß das Metall mit dem negativen Pole einer trocknen Zamboni'schen Säule verbunden wurde, während der seitlich eingeführte Platindraht mit dem positiven Pol in leitender Verbindung stand, der zugleich nach der Erde abgeleitet war. Das Metall war dann an ein Exner'sches Aluminiumelektroskop angeschlossen, dessen Ausschlag beobachtet wurde. Die Kaliumfläche zeigte sich dabei so lichtempfindlich, daß man gezwungen war, sie in einen schwarzen Kasten einzuschließen. Dieser war lichtdicht und hatte nur der Kaliumfläche gegenüber eine kreisförmige, verschließbare Oeffnung, durch welche das Licht eindringen konnte. Die Zuleitungen zu den beiden Elektroden waren isolirt durch den Kasten geführt. Ist die Leitung hergestellt, so zeigen die Aluminiumblättchen eine bestimmte Divergenz, die sich sofort vermindert, wenn das Licht eintritt.

Die Verminderung ist nun verschieden je nach der Natur des angewendeten Lichts, sie hängt von der Intensität, von der Farbe und von der Entfernung der Lichtquelle ab und ändert sich natürlich auch mit dem untersuchten Material. Ist das Licht einigermaßen intensiv, so verschwindet die Ladung ganz. So bringt Tageslicht, Licht einer elektrischen Glühlampe, Petroleum oder Gaslicht die Blättchen zum Zusammenfallen, so lange sich die Lichtquelle in nicht zu großer Entfernung befindet. Die folgende Beobachtungsreihe bezieht sich auf Kalium und die Lichtquelle war eine gewöhnliche Flurlampe, d. h. eine Petroleumlampe mit metallischem Reflector und Glaszylinder.

Spannung am negativen Pol der Säule bei geschlossenem Kasten 27·1 Scalentheile = 212 Volt.

Entfernung der Lichtquelle	Rest der Ladung		Abnahme
	Scalentheile	Volt	
0·1 m	3·2	0·0	212 Volt
1·0 =	9·6	104	108 =
2·0 =	14·5	143	69 =
3·0 =	18·2	166	46 =
4·0 =	21·5	184	28 =
5·0 =	22·0	188	24 =
6·0 =	23·5	195	17 =

Bei der Entfernung von 0.1 m genügt also das Licht einer solchen Lampe vollständig, die negative Ladung bis auf den letzten Rest zu zerstreuen. Wurde die Lampe in mehr als 6 m Entfernung durch einen brennenden Magnesiumdraht ersetzt, so besaß der negative Pol der Säule nur noch eine Spannung von 9 Volt, es trat also eine Abnahme von 122 Volt ein, welche der größeren Intensität des Magnesiumlichtes entsprach. Für Petroleumlicht war die Abnahme nur 17 Volt.

Das Bild einer Kerze, die in 6 m Abstand von der lichtempfindlichen Oberfläche aufgestellt war, durch eine Glaslinse von 5 cm Durchmesser erzeugt, bewirkte eine Abnahme der Ladung bis auf einen nicht mehr meßbaren Betrag. Entladend wirkte ferner das Licht der nichtleuchtenden Bunsenflamme und der Balmain'schen Leuchtsfarbe. Dieses Phosphoreszenzlicht mußte jedoch zu diesem Zwecke kurz vorher durch Magnesiumlicht hervorgerufen sein, welches in einer Entfernung von 4 bis 5 cm die Leuchtsfarbe bestrahlte und außerdem mußte die Elektrizitätszufuhr durch Einschaltung eines Leinwandfadens von 10 cm Länge erschwert werden. Nach diesen Versuchen ist es erklärlich, daß auch Mondlicht die negative Ladung zerstreut.

Wenn man früher die ultravioletten Strahlen als die Hauptträger der entladenden Wirkung ansah, so geht aus diesen Versuchen hervor, daß dies nicht der Fall ist, sondern, daß die Beschaffenheit der Oberfläche eine wichtige Rolle spielt, da sich ja zeigt, daß reines, metallisches Kalium weit lichtempfindlicher ist, als seine Amalgame.

Um dies näher zu untersuchen, wurde zunächst die Oeffnung mit gefärbten Gläsern verschlossen und mit Tageslicht gearbeitet. Es ließen nun blaue Kobaltgläser die wirksamen Strahlen beinahe ungeschwächt hindurch, während rothe, mit Kupferoxydul gefärbte Gläser die Wirkung sehr erheblich abschwächten, aber sie doch nicht ganz aufzuheben im Stande waren. Auch die durch Salzperlen gefärbte Bunsenflamme wirkte um so intensiver auf die negative Ladung, je reicher sie an blauen Strahlen war, nur mußte, um sicher zu gehen, dafür gesorgt sein, daß der Platindraht, der die Pole trug, nicht zu weit in die Flamme hineinragte, weil er bereits selbst eine entladende Wirkung im glühenden Zustande besitzt. Die folgende Versuchreihe ist mit verschiedenen gefärbten Bunsenflammen ausge-

führt, welche in der Entfernung von 35 cm aufgestellt waren. Der Platindraht befand sich dabei am äußersten unteren Saum der Flamme.

Spannung des negativen Pols der Säule im geschlossenen Kasten 27.1 Scalentheile = 212 Volt.

Art der Lichtquelle	Rest der Ladung		Abnahme
	Scalentheile	Volt	
1. Nichtleuchtende Bunsenflamme	22.0	188	24
2. Letztere gefärbt durch: Thallium	17.0	160	52
3. = = = Lithium	20.8	181	31
4. = = = Kalium	7.0	80	132
5. = = = Natrium	12.3	127	85
6. Leuchtende Bunsenflamme	6.9	79	133
7. Petroleumlampe	3.2	0	212
8. Petroleumlampe u. rothes Glas	21.2	183	29

Dies ergibt folgende Reihenfolge der Lichtquellen nach aufsteigender Wirksamkeit geordnet:

1. Nichtleuchtende Bunsenflamme,
2. Lampenlicht durch rothes Glas,
3. Lithiumflamme,
4. Thalliumflamme,
5. Natriumflamme,
6. Kaliumflamme,
7. Leuchtende Bunsenflamme,
8. Petroleumlicht,

Da diese Flammen kein homogenes Licht zeigten, so wurde noch eine Beobachtungsreihe angestellt. Mittelft eines weiten Spaltes und eines Glasprismas wurde ein Sonnenspectrum entworfen und der Kaliumapparat diesem entlang geführt. Dies ergab folgende Resultate:

Spannung am negativen Pol der Säule bei geschlossenem Kasten 30.0 Scalentheile = 240 Volt.

Lichtart	Rest der Ladung		Abnahme in Volt
	Scalentheile	Volt	
Roth	31.5	235	5
Orange	30.5	227	13
Gelb	28.0	217	23
Grün	20.5	179	61
Grünblau	8.5	94	146

Lichtart	Rest der Ladung		Abnahme in Volt
	Scaletheile	Volt	
Blau	7.3	83	157
Indigo	8.5	94	146
Violett	13.5	136	104
Ultraviolett I . . .	18.8	170	70
= II	24.5	200	40
= III	27.0	212	28

Die Kaliumfläche war metallisch mit dem negativen Pol der Säule verbunden. Schaltete man einen Leinwandfaden in die Leitung, so wurde eine Abnahme von 50 Volt in der Spannung erreicht. Also ist die Wirkung des rothen Lichts nachgewiesen, während die des ultrarothten Lichts nicht constatirt werden konnte. Das Maximum der Wirkung liegt demnach im Blau und die Ladung nimmt von da gegen das Ultraviolett wieder zu, die Wirkung ist aber im Ultraviolett noch vorhanden.

Die Verfasser schlagen vor, dies Ergebniß zu einem Nachweis des ultravioletten Lichtes zu benutzen. Wenn man nämlich hinter dem Prisma ein Papierblatt einschiebt, kann man abwechselnd die Oeffnung schließen und öffnen. Läßt man nun das Ultraviolett allein in die Oeffnung scheinen, und schließt und öffnet in gleichmäßigen Intervallen, so kann man dadurch die Blättchen in Schwingungen versetzen, und damit die Existenz des Ultraviolett nachweisen. Da das Glas die ultravioletten Strahlen zum Theil zurückhält, so dürfte sich die Verwendung von Quarzfenstern und Quarzprismen empfehlen, um die Einwirkung dieses Theils des Spectrums genauer zu studiren.

Ob die zerstreue Wirkung auch bei positiver Ladung vorhanden ist, schien zuerst zweifelhaft. Es wurde nämlich bei positiver Ladung durch Belichtung eine deutliche Entladung, wenn auch nur um wenige Volt beobachtet. Doch könnte diese auch darauf zurückzuführen sein, daß die der Kaliumfläche gegenüberstehende Elektrode beim Einfüllen des Kaliums mit dem Metall in Berührung gekommen war, oder daß sich verdampftes Kalium an den Platindraht niedergeschlagen hatte, so daß dieser bei den letzten Versuchen mit dem negativen Pol verbundene Draht seinerseits negative Elektricität ausstrahlte und dadurch die positive Ladung des Kaliums schwächte, während ja reines

Platin durch Bestrahlung seine Ladung nicht verliert. Es wurde daher statt des einfach in das Innere der Kugel ragenden Drahtes ein quer durch die ganze Kugel gehender Platindraht verwendet, welcher unmittelbar vor dem Versuch durch Ausglühen von allem anhaftenden Kalium befreit wurde. Dies Ausglühen geschah mit einigen Elementen und wurde nur bis zur Gelbgluth getrieben. Nun zeigte der Apparat unmittelbar nach dem Ausglühen die lichtelektrische Entladung nur dann, wenn das Kalium negativ geladen war, während bei positiver Ladung selbst im intensivsten Magnesiumlicht jede Wirkung ausblieb. Es ist also eine Zerstreuung bei positiver Ladung nicht vorhanden. Wiederholte man den Versuch schon wenige Minuten nach dem Ausglühen, so zeigte sich bereits eine schwache Entladung, welche immer stärker wird, je mehr Zeit seit dem Ausglühen vergangen ist. Es ist also offenbar im Apparat Kaliumdampf, der sich an der Platinelektrode niederschlägt und durch seine Ausstrahlung negativer Electricität die positive Ladung des Kaliums vermindert. Die Frage, ob im ultravioletten Licht doch eine Zerstreuung der Electricität bei positiver Ladung besteht, kann noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden, da mehrere Physiker diese Zerstreuung beobachtet haben wollen, während sie z. B. Stoletow nicht beobachtet hat. Es kann auch hier die Beobachtung mit secundären Störungen zusammenhängen. Da die Frage von sehr großer Bedeutung ist, so ist baldige Aufklärung zu wünschen.

Was die Abhängigkeit der Wirkung von dem verwendeten Material betrifft, so ist zunächst keiner der untersuchten Körper dem Kalium überlegen, sondern dieses zeigt die größte Zerstreuung. Natrium steht ihm schon bedeutend nach, und flüssige Kalium-Natriumlegirung nimmt ungefähr die Mitte zwischen beiden ein.

Die Amalgame waren so reich an gelöstem Metall, daß sie erstarrten. Da für jeden Körper eine besondere Kugel verwendet wurde, so kann man die Zulässigkeit des Vergleichs der Amalgame in Zweifel ziehen. Die Apparate waren aber möglichst gleichmäßig gearbeitet und der Druck des in denselben befindlichen Gases war auch annähernd derselbe. Das letztere wurde dadurch constatirt, daß man vor dem Beschießen des Apparats den Funkenstrom eines Inductoriums zwischen den

beiden Elektroden durchgehen ließ. Es zeigte sich sodann lebhaft grünes Kathodenlicht, während vom Anodenlichte nur noch Spuren vorhanden waren.

Ordnet man die untersuchten Metalle nach ihrem aktinoelektrischen Verhalten, so ergab sich die Reihe:

Rb, K, Na, Li, Mg, Tl, Zn.

Auf Rubidiumamalgam wirkte das Licht der Petroleumlampe bereits aus 30 bis 40 cm Entfernung, während man bei Kalium- und Natriumamalgam das Licht schon auf 10 cm nähern mußte. Dieselbe Reihenfolge ergab sich bei Wiederholung im Tageslicht. Bei Lampenlicht versagten Thallium und Zinkamalgam vollständig, und nur das Sonnenlicht war im Stande elektrische Zerstreuung hervorzurufen. Keines Quecksilber erwies sich auch im Sonnenlicht als unwirksam, während es um so empfindlicher wurde, je mehr Metall es gelöst enthielt. Demnach ist das gelöste Metall das wirksame Agens und nicht das Quecksilber.

Ordnet man die untersuchten Metalle mit den Amalgamen nach abnehmender Lichtempfindlichkeit, so ergibt sich:

Keines Kalium, Legirung von Kalium und Natrium,
reines Natrium,

sodann die Amalgame von

Rb, K, Na, Li, Mg, (Tl, Zn).

Ordnet man dieselben Metalle nach der Größe der Potentialdifferenz, die sie als Glieder einer Hydrokette zeigen, so ergibt sich dieselbe Reihenfolge.

Das große Interesse, welches der vorjährigen elektrischen Ausstellung in Frankfurt a. M. entgegengebracht wurde, hatte vor allem die Kraftübertragung zum Gegenstand, die von dem kleinen am Neckar gelegenen Städtchen Lauffen nach dem genannten Ort geführt war. Dieselbe war schon lange vor Eröffnung der Ausstellung ein Gegenstand des lebhaftesten Meinungsaustrausches. Man stritt hin und her, ob es gelingen werde, die Elektricität eine Leitung von 175 km durchlaufen zu lassen, und sie dann zum Betrieb einer so großen Anlage zu verwenden, wie die Frankfurter Ausstellung war. Der Versuch ist als glänzend gelungen zu betrachten, die elektrische Anlage in Lauffen lieferte soviel Strom, daß man in Frankfurt nicht nur 1000 Glühlampen speisen konnte,

sondern auch noch für verschiedene Motoren Strom hatte, deren einer einen Wasserfall von 10^m Höhe in Thätigkeit setzte. Jedoch fesselte die Kraftübertragung das Interesse nicht allein, sondern es war auch das neue System der Mehrphasenstrommaschinen oder das Drehstromsystem, welches die Aufmerksamkeit auf sich zog, weil es zum ersten Male angewendet wurde. Der Grundgedanke desselben ist fast gleichzeitig von Galileo Ferraris und Nikola Tesla ausgesprochen worden und soll im Folgenden erläutert werden.

Ferraris ¹⁾ geht davon aus, daß ein Punkt, auf welchen zwei magnetische Kräfte wirken, unter dem Einfluß der Resultante dieser Kräfte stehe, welche constante Richtung und Größe besitzt, solange die beiden Kräfte constant bleiben. Wenn sich aber die beiden Kräfte nach einem gewissen Gesetz ändern, so wird sich ebenfalls Richtung und Größe der Resultante ändern, d. h. der Endpunkt der letzteren wird eine gewisse Curve beschreiben. Diese Aenderungen werden nun hervorgerufen durch zwei Wechselströme mit gleicher Periode und sinusartigem Verlauf, also durch zwei sogenannte Sinusströme. Besitzen diese Sinusströme gleiche Phasen, fangen sie also zu derselben Zeit an zu wachsen, das Maximum der Intensität zu erreichen, und erlangen sie zu gleicher Zeit die Intensität Null, so wird die Resultante zwar zu verschiedenen Zeiten verschiedene Größe besitzen, aber ihre Richtung beibehalten. Ist die Phase der Wechselströme jedoch verschieden, so tritt die oben beschriebene Rotation der Resultante ein, und der Endpunkt der Resultante rotirt auf einer Ellipse, so lange die Periodenmaxima der Ströme verschieden sind. Sind die Periodenmaxima gleich, so bewegt sich der rotirende Punkt auf einem Kreis. Dadurch entsteht nun ein rotirendes magnetisches Feld, dessen Umlaufszeit gleich der Periode der Ströme ist, und dessen Rotationsrichtung sofort die entgegengesetzte werden wird, sobald die Phase eines der Ströme um ein ungerades Vielfaches der halben Periode geändert werden wird.

Um die beiden Wechselströme zu erzeugen, läßt Ferraris einen Wechselstrom durch eine feste Spirale gehen, die das eine der periodisch veränderlichen Magnetfelder erzeugt, sodann schiebt

1) Elektrotechnische Zeitschr. 9. S. 568. 1888.

er ihn durch die primäre Spule eines Inductoriums oder besser eines Transformators und benutzt den secundären Strom desselben zur Erzeugung des andern Magnetfeldes. Um die Phasendifferenz hervorzurufen, schiebt er diesen secundären Strom durch einen Widerstand mit Selbstinduction, welche die Phase des secundären Wechselstroms verzögern wird. Man kann auch durch zwei Transformatoren die beiden Magnetfelder hervorrufen.

Dieses so erzeugte rotirende Magnetfeld wirkt natürlich wie ein rotirender Magnet, und wird im Stande sein, in einem drehbaren Leiter derartige Inductionsströme hervorzurufen, daß der Leiter der Rotation folgt. Zu diesem Zwecke schiebt Ferraris seine zwei Wechselströme durch zwei Spulen von rechteckiger Form, die er so aufstellt, daß ihre Flächen zu einander senkrecht stehen. Der primäre Strom geht durch die Spule mit dickem Draht, der secundäre durch diejenige mit dünnem Draht. Durch den eingeschalteten Widerstand mit Selbstinduction wird die passende Phasendifferenz hervorgerufen und die beiden magnetischen Felder werden gleich gemacht. Dann erhält man als Resultante ein rotirendes Magnetfeld, dessen Aze mit der Schnittlinie der beiden Ebenen der rechteckigen Spulen zusammenfällt. Ein kleiner, geschlossener, hohler Kupfercylinder, dessen Aze mit jener Schnittlinie zusammenfällt, wird sodann in lebhaftest Rotation gerathen, die ihre Richtung sofort umkehrt, sobald der secundäre Strom des Transformators umgekehrt wird. Ein derartiges Modell findet sich in der Urania in Berlin aufgestellt. Der ungefähr 30 cm hohe Kupfercylinder rotirt sehr lebhaft; allerdings werden die beiden Wechselströme auf andere Weise aus einer Gramme'schen Dynamomaschine gewonnen. Ein Eisencylinder würde wegen der in ihm auftretenden großen Selbstinduction zu diesem Zwecke nicht geeignet sein.

Dieses System von Ferraris ist natürlich zur Verwendung in der Praxis insofern ungeeignet, als die Phasendifferenz in der Technik auf dem eingeschlagenen Wege aus leicht begreiflichen Gründen sich nicht herstellen läßt. Es kam nun mit Ferraris fast gleichzeitig Nikola Tesla auf die Lösung des Problems, indem er einen Wechselstrommotor construirte, welcher dasjenige lieferte, was wir heute Drehstrom nennen. Tesla ging aber von ganz anderen Gesichtspunkten aus.

punkten aus. In einem Vortrag¹⁾, welchen er am 16. Mai 1888 vor dem American Institute of Electrical Engineers hielt, wies er darauf hin, daß bei der üblichen Uebertragung von Arbeit durch Gleichstrom eine doppelte Commutirung nothwendig sei. In den Ankerdrähten der primären Maschine werden ja bei der Rotation stets Wechselströme erzeugt, da die Ströme bei der Annäherung an die erregenden Magneten stets entgegengesetzt zu den Strömen laufen, welche bei der Entfernung von den Magneten entstehen. Diese Ströme werden nun commutirt und in einen Gleichstrom verwandelt, der zur secundären Maschine geleitet wird. Diese ist bekanntlich ebenso gebaut als die Primärmaschine und unterscheidet sich von derselben nur dadurch, daß in sie Strom eingeführt wird, welcher die Rotation hervorruft, während dort durch Rotation Strom hervorgerufen wurde. Demnach muß der Strom in der secundären Maschine genau so verlaufen, wie in der Primärmaschine, er muß also dort wieder ein Wechselstrom sein, was durch dieselbe Commutirung, wie im ersten Falle bewirkt wird. Um diese doppelte Commutirung zu umgehen, erfand Tesla sein System, welches als Umkehrung der Versuche von Ferraris bezeichnet werden kann. Während nämlich dieser durch künstlich erzeugte Ströme mit Phasendifferenz die Rotation eines Magneten erhielt, so verschaffte sich jener durch Rotation eines Magneten um zwei rechtwinklig zu einander gewickelte Spulen zwei Ströme, welche Phasendifferenz aufwiesen. Er ließ einfach die oben mitgetheilte Anordnung von Ferraris, bei der zwei Spulen mit ihren Windungsebenen senkrecht zu einander standen, zwischen zwei erregenden Elektromagneten rotiren. Dann mußte die eine Spule, welche mit ihrer Ebene in die Verbindungslinie der beiden Magnetpole fiel, ein Strommaximum aufweisen, während die andere, senkrecht zu ihr stehende, deren Ebene also in die Indifferenzlinie fiel, ein Minimum an Strom lieferte. Nach einer Drehung um 90° war natürlich die Sache umgekehrt und die beiden Ströme besaßen demnach eine Phasendifferenz von einer halben Periode. Dieser Strom wurde nun in einen passend construirten Motor eingeleitet, und drehte dort einen Anker. Um nun die Ein-

1) Bericht in der Elektrot. Zeitschr. 9. S. 343. 1888.

richtung des Motors besser verständlich zu machen, sei hier noch eine Betrachtung eingeschaltet, welche zugleich diejenige Vorrichtung erklärt, die aus einer gewöhnlichen Gramme'schen Maschine ohne Weiteres Drehstrom hervorrufft. Dieselbe ist einem Vortrag des Tübinger Professors F. Braun¹⁾ entnommen, welchen derselbe in privatem Kreise hielt und später drucken ließ.

Denken wir uns einen Gramme'schen gewöhnlichen Ring, der aber nicht fortlaufend gewickelt ist, sondern der zwei getrennte Wicklungen enthält, die zu einander senkrecht sind in der Weise, wie es Fig. 19 andeutet. Die Wicklungen sind von einander isolirt und mit A und B bezeichnet. Es werde nun durch A Strom geleitet, während B stromlos ist. Dann wird an den in der Figur mit N und S bezeichneten Punkten des weichen Eisens Nord- und Südmagnetismus inducirt, welcher durch einen Magneten ersetzt gedacht werden kann, dessen Lage der Pfeil andeutet. Lassen wir die Stärke des Stroms in A jetzt abnehmen, während in B die Stromstärke wächst, so wird, wenn die Ströme in den durch Pfeile angedeuteten Richtungen fließen, der Magnet die in Fig. 19 II angedeutete Lage annehmen. Bei III ist B im Maximum und A hat den Strom Null, der Magnet dreht sich im selben Sinne weiter. In IV fließt der Strom A entgegengesetzt wie vorhin, B dagegen behält seine Richtung, wird aber schwächer, bis in Ia der Strom A sein Stärkemaximum bei entgegengesetzter Richtung erreicht hat und B die Intensität Null besitzt. In IIa nimmt A wieder ab und B beginnt jetzt in entgegengesetzter Richtung zu fließen, und so geht die Sache weiter, bis die Combination I wieder erreicht ist, und der Wechsel von Neuem beginnt. Man sieht, daß bei dieser Anordnung der Magnet sich immer in demselben Sinne, hier nämlich in der Richtung des Uhrzeigers weiter bewegt, und daß wir ein rotirendes Magnetfeld erhalten müssen, ganz so wie es Ferraris durch seine gekreuzten Spulen erreichte. Wenn man also im Stande wäre, einen derartigen Wechsel in einem mit zwei getrennten Spulen bewickelten Gramme'schen Ring zu erzeugen, so müßte man einen Kupfercylinder

1) F. Braun. Ueber elektrische Kraftübertragung insbesondere über Drehstrom. Tübingen, H. Laupp. 1892.

oder einen Anker, der um die Ringaxe drehbar aufgestellt ist, zur Rotation bringen können, und zwar müßte die Rotationsdauer der Periode der Ströme gleich sein, denn es ist ersichtlich, daß bei dieser Anordnung A und B gleiche Perioden haben

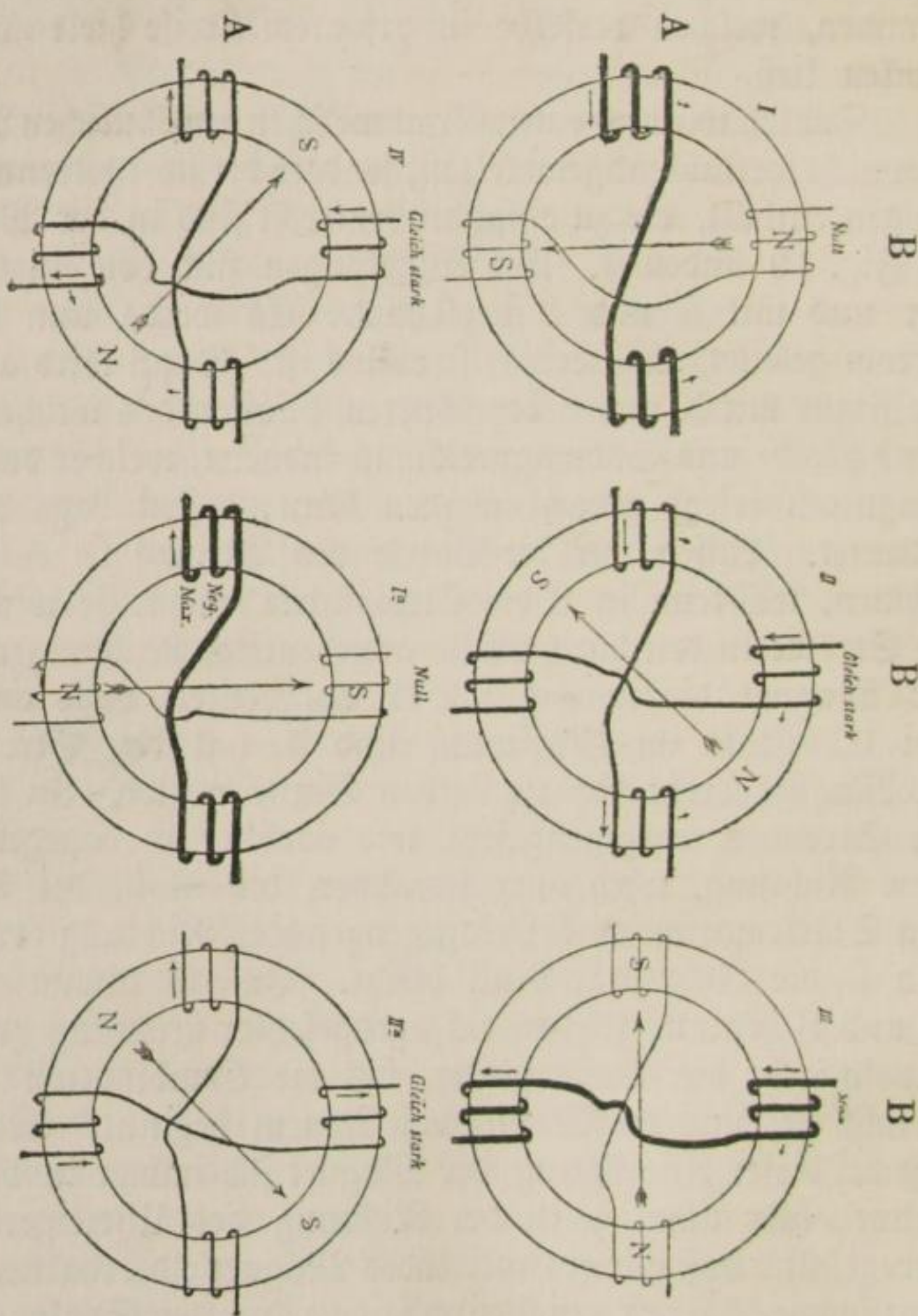


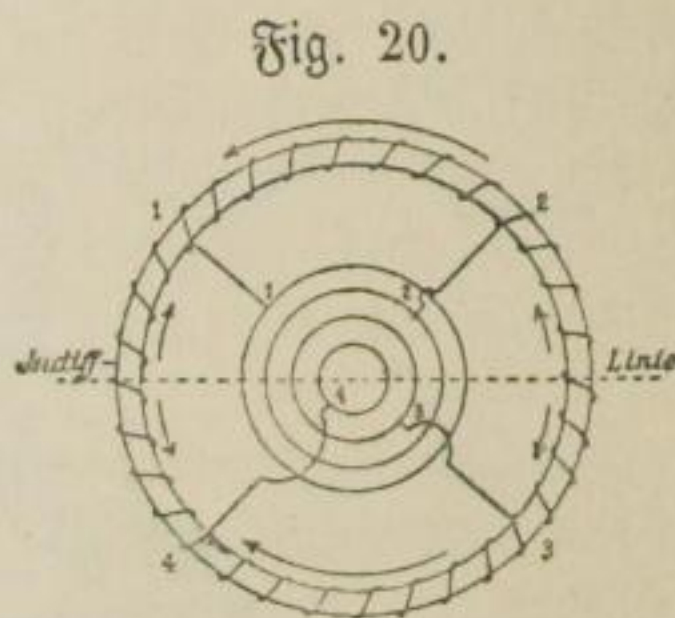
Fig. 19.

Die Stärke der Ströme ist durch die Dicke der Striche angedeutet. Die ganz feinen Pfeile geben die Richtung an, nach welcher der Nordmagnetismus durch den Strom im Eisen verschoben wird.

müssen. Um dies zu erreichen, braucht man nur die Ströme des Tesla'schen Motors in diesen Ring einzuleiten, und man wird sofort den im Innern des Ringes drehbar angebrachten Leiter rotiren sehen, da diese beiden Ströme ja gleiche Periode haben. Bei Weitem einfacher ist es aber, diese so-

eben beschriebene Anordnung zwischen zwei Magnetpolen rotiren zu lassen, da sich ja dann umgekehrt dieselbe Combination von Strömen entwickeln muß, die vorhin die Rotation des Magneten herbeiführte.

Man stellt nun nicht die Anordnung in der Weise her, wie dies bisher angedeutet wurde, sondern man dehnt die Spulen selbstverständlich aus, bis sie den ganzen Ring bedecken, so daß für jede Spule zwei diametral gegenüberstehende Quadranten des Ringes benutzt werden wie dies in Fig. 20 angedeutet ist. Es ist hier ein Schema des Ringes einer primären Maschine dargestellt. Die Stücke 12 und 34 sind die Spule des Stromes B, 14 und 23 diejenigen des Stromes A. Von jedem Spulenende ist ein Draht nach einem auf der Rotationsaxe aufgesetzten Schleifring geführt. Diese sind hier concentrisch gezeichnet als die Ringe 1, 2, 3, 4. Die Stellung ist so gedacht, daß der Strom B, also 12 und 34, gerade im Intensitätsmaximum ist und A, also 14 und 23, im Minimum. Verbindet man zwei Schleifringe, z. B. 1 und 3 oder 2 und 4 durch einen Draht, so ist die Spule geschlossen, und man erhält, wenn beide Verbindungen gleichzeitig hergestellt werden, in jedem Draht einen Wechselstrom, von denen der eine jedoch um eine halbe Periode gegen den anderen verschoben ist. Dies ist der Drehstromgenerator, welcher eben jenen Strom liefert, der nach seiner oben beschriebenen drehenden Wirkung den Namen erhalten hat.

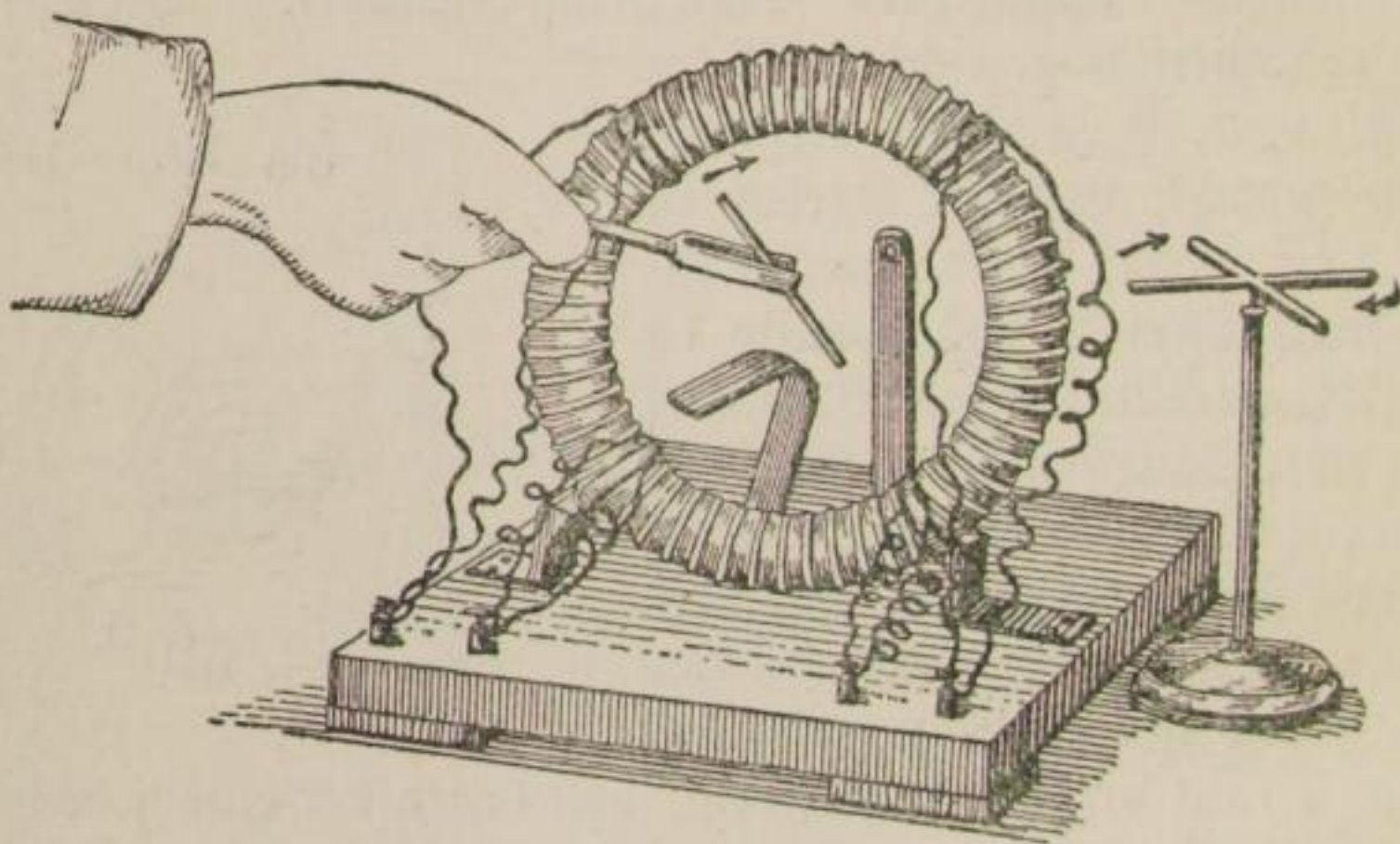


Dieser Strom wird nun in eine ganz gleich construirte Maschine eingeleitet, d. h. es wird Spule A mit Spule A und Spule B mit Spule B durch die entsprechenden Schleifedern verbunden, und ein im Innern des Ringes drehbar angebrachter Anker rotirt und überträgt seine Bewegung auf die zu treibenden Maschinen.

Braun hat bei seinem Vortrage mit einem von ihm construirten Drehstrommotor Versuche ausgeführt. Derselbe ist in Fig. 21 abgebildet. Sein Eisenkern bestand aus weichem,

aufgerolltem Draht von 1·1 mm Dicke, dieser war mit drei Lagen Kupferdraht von 1 mm Durchmesser umwunden, und der ganze Ring maß außen 22 cm, innen 14 cm im Durchmesser. Seine Versuche sind sehr instructiv und leicht nachzuahmen, wenn man über einen derartigen Motor verfügt. Er ließ z. B. einen kleinen, um eine horizontale Axe drehbaren Magnetstab im Ring rotiren, ebenso ein Kreuz aus Eisenblech. Eine Magnetnadel und ein Eisenkreuz rotirten noch in ziemlicher Entfernung vom Motor. Ferner brachte er eine Feder aus Eisenblech (in der Figur im Innern des Ringes zu sehen) an und hielt unter dieselbe einen Blechstreifen. So-

Fig. 21.



bald nun einer der rotirenden Pole des Magnetfeldes unter dem Blechstreifen vorbeikam, wurde dieses magnetisch und zog die Feder an, welche wieder zurückschnellte, sobald der Pol vorüber war. Auf diese Weise wurde die Feder in Schwingungen versetzt und gab einen lauten Ton von sich. Ein unter den Ring gelegtes Stück Eisenblech tanzte auf und nieder, da es angezogen wurde, sobald ein Pol darüber hinweglief. Sehr schön wurde das rotirende Magnetfeld durch Eisenseilspähne nachgewiesen. Der Motor wurde nämlich horizontal gelegt und mit einer großen Glasplatte überdeckt, auf welche feinste Eisenseile gestreut wurde. Dieselbe hebt sich sofort empor und es läuft eine Welle im Kreise über dieselbe hinweg.

Die Eisenfeilspähne selbst laufen der Welle entgegen, indem sie sich fortwährend überschlagen. Dies letzte erklärt sich in folgender Weise. Die Pole influenziren schon bei ihrer Annäherung die Eisentheilchen, ziehen sie an und veranlassen, daß sie ihnen entgegen laufen. Gleichzeitig werden sie in derselben Weise aufgerichtet, wie bei Annäherung eines Stabmagneten. Wenn der Pol näher kommt und schließlich sich direct unter ihnen befindet, wird die Anziehung und damit der Druck so stark, daß sie der Reibung wegen dem Pole nicht nachfolgen können, zumal da der nächste sich bereits nähernde Pol schon seine Anziehung ausübt. In folge dessen laufen sie immer den Polen entgegen. Dieser Versuch wird dadurch noch interessanter, daß sich die Bewegungsrichtung der Eisentheilchen sofort umkehrt, wenn man die Glasplatte unter die Mitte des Ringes senkt. Dann laufen die Pole über den Eisenfeilspähnen weg und heben sie in die Höhe. Die Reibung wird dadurch vermindert und die Pole sind nun im Stande, die Theilchen mit sich zu nehmen. Taucht man die Glasplatte nur bis in die Mitte des Ringes, so hört die Bewegung ganz auf, und geht man über die Mitte, so erhält man wieder die rücklaufende Bewegung.

Die hier beschriebene Anordnung unter Benutzung eines Gramme'schen Rings als Generator, ist zuerst von Bradley¹⁾ angegeben worden. Später hat sie Schuckert acceptirt.

Da man natürlich nicht an vier Phasen gebunden ist, sondern ebensogut drei oder eine andere Zahl Phasen benutzen kann, so entstand die Frage, welche Zahl die günstigste sei. Der Ingenieur der „Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft“, Dolivo-Dobrowolsky²⁾ hat nach sehr gründlichem Studium des Systems sich für den Dreiphasenstrom entschieden, d. h. er wendet drei Wechselströme an, die 120° Phasendifferenz besitzen, oder drei um diesen Winkel von einander abstehende Spulen. Es sind auch schon sechs Spulen zur Verwendung gekommen.

Bei dieser ganzen Anordnung darf jedoch eins nicht aus den Augen gelassen werden. Wenn nämlich Drehstrom einen

1) Fortschritte der Elektrotechnik von Strecker und Grawinkel 1888. S. 572.

2) Deutsches R.=P. Nr. 51083, giltig vom 8. März 1889 ab.

Motor treiben soll, und als Motor eine Gramme'sche Maschine obiger Construction verwendet wird, so müssen deren Dimensionen so gewählt werden, daß ihr Anker mit dem Drehstromgenerator synchron läuft. Denn thut er das nicht, so wird der Anker gegen die rotirenden Magnetpole eine relative Geschwindigkeit besitzen und es kann leicht vorkommen, daß die Stellung der Pole zum Anker eine derartige wird, daß eine Bremswirkung eintritt. Dies kommt auch dann vor, wenn der Anker zur besseren Magnetisirung umwickelt ist, und die Wicklung in sich geschlossen wird. Dann kann es z. B. eintreten, daß ein rotirender Magnetpol den gleichnamigen im Anker überholt und dann bremst der Drehstrom die Bewegung. Im Allgemeinen werden in der Wicklung eines nicht synchron laufenden Ankers, wenn diese ohne eingeschaltete Stromquelle geschlossen wird, Ströme inducirt werden, welche nach dem Lenz'schen Gesetze den Synchronismus herzustellen bestrebt sind, d. h. die relative Bewegung des Ankers gegen die rotirenden Magnetpole hemmen.

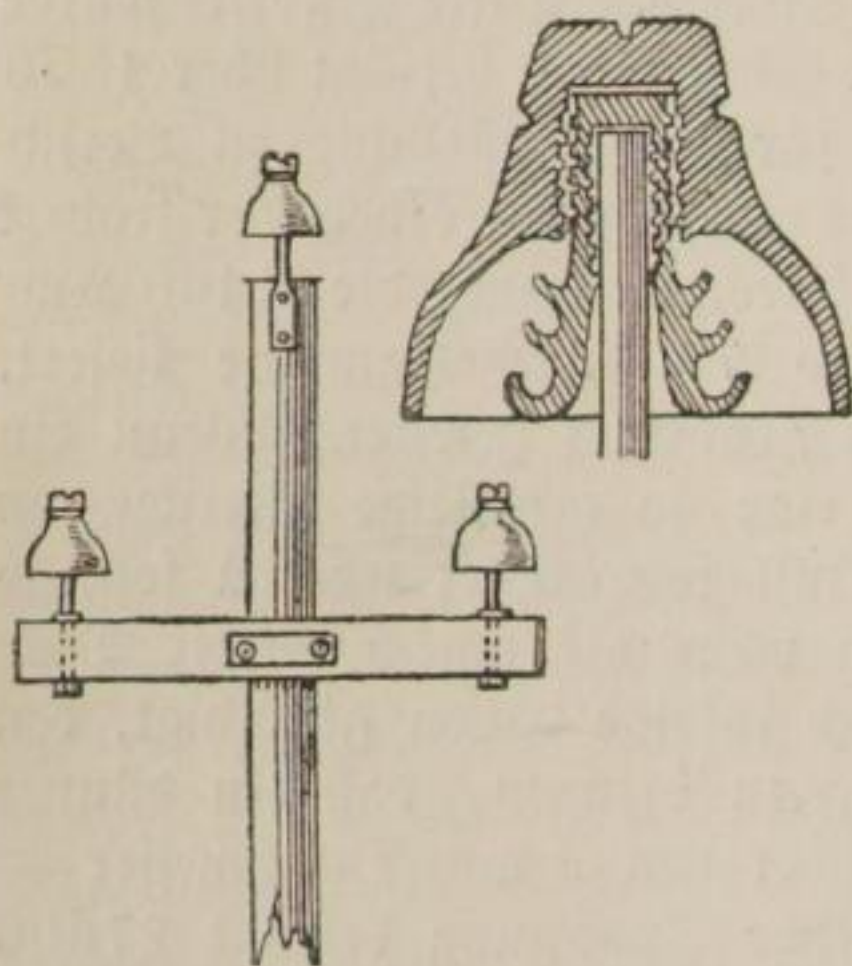
Wenn man einen für Mehrphasenstrom eingerichteten Motor anlassen will, so wird die erste Rotation den im Eisen der Feldmagnete influenzirten Magnetpolen zuzuschreiben sein. Synchronismus wird zunächst nicht vorhanden sein, da die Spule, welche im betreffenden Moment vom stärksten Strom durchlaufen wird, zu Anfang nicht am Punkte günstigster Induction sich befindet. Hierdurch entstehen in den Windungen der Feldmagnete Inductionsströme, die durch eine Magnetnadel angezeigt werden können, und welche aufhören, sobald der Synchronismus erreicht wird. Sobald dieser Zustand erreicht ist, können die Feldmagnete nicht mehr bremsend wirken, sondern nur verstärkend und wenn man jetzt dem Motor gleichzeitig auf die gewöhnliche Art mit Hilfe des Collectors Gleichstrom entnimmt und in die Feldmagnete schickt, kann man die Wirkung der Maschine auf das Fünffache erhöhen.

Derartige Motoren waren es, welche für die so viel genannte Kraftübertragung von Lauffen nach Frankfurt a. M. den Strom lieferten. Der Plan zu diesem Unternehmen wurde von dem technischen Leiter der Ausstellung Oskar von Miller gefaßt und die allgemeine Electricitätsgesellschaft in Berlin erklärte sich in Verbindung mit der Maschinen-

fabrik Derlikon bei Zürich bereit, die Ausführung zu unternehmen. Als geeignete Wasserkraft wurde der Neckarfall bei Lauffen gewählt. Der Neckar macht dort einen scharfen Bogen, in dem der Wasserfall gelegen ist. Bis zum Jahre 1822 befand sich oberhalb des Falles ein breiter See, der aber ausgetrocknet wurde. Da der Fall die Schifffahrt hinderte, so beschloß man die Erbauung eines Schiffskanals und einer Schleuße und gleichzeitig die beste Ausnutzung der Wasserkraft zu technischem Zwecke. Das Vorhandensein der nöthigen Rohmaterialien war in Verbindung mit diesem Plane die Veranlassung zur Errichtung der Württembergischen Portland-Cementfabrik in Lauffen und zwar wurde die Anlage derart ausgeführt, daß sie zugleich die etwas unterhalb gelegene Stadt Heilbronn mit elektrischem Licht versorgte. Diese Fabrik wurde zur Kraftquelle ausersehen. Die Wasserkraft beträgt über 1500 Pferdestärken, von denen 300 für die Ausstellung zu Verfügung gestellt wurden, welche die eine der Turbinen der Fabrik trieben. Diese treibt eine Drehstrommaschine, die 1400 Ampère und 50 Volt besitzt, also 70000 Voltampère liefert. Dieser Strom wurde nun nach Frankfurt geleitet. Wenn ein so niedrig gespannter Strom eine so gewaltige Strecke von 175 km ohne wesentlichen Verlust fortgeleitet werden soll, so würden dazu Kupferdrähte von mehr als einem Meter Dike nothwendig sein. Man sah sich insolge davon genöthigt, den Strom auf so hohe Spannung zu bringen, daß ein dünner Draht — verwendet wurde solcher von 4 mm Durchmesser — genügte. Die hierzu erforderliche Spannung beträgt 27000 Volt. Diese Umwandlung leisten bekanntlich die Transformatoren; dies sind einfach Inductionsrollen in deren primärer Spule mit dickem Draht der schwach gespannte Wechselstrom kreist, während aus der secundären Spule mit dünnem Draht der transformirte Strom austritt. Dieser zweite Strom wurde nach Frankfurt geleitet. Die Leitung bestand aus drei Drähten. Da man es nämlich bei Drehstrom mit zwei getrennten Strömen zu thun hat, so braucht man auch im Transformator zwei getrennte secundäre Wickelungen also eigentlich vier Drähte zur Leitung; es können aber zwei zusammen gelegt werden, ohne daß die Ströme in einander übergreifen, man braucht also nur drei Drähte. Diese lagen auf

3000 Telegraphenstangen, welche längs der Hessischen Ludwigsbahn aufgestellt waren, und an denen die Leitung durch die vielgenannten Delisolatoren befestigt war. Diese letzteren sind nichts anderes als sehr große Porzellanisolatoren, wie sie zu jeder Telegraphen- oder Telephonleitung benutzt werden. Auf diesen lagert sich indeß stets Feuchtigkeit ab, welche den hochgespannten Strom auf die Stange und in die Erde ableiten würde, wenn nicht für eine Unterbrechung der Oberfläche durch gut isolirende Mittel, auf denen sich kein Wasser ansetzen kann, gesorgt wurde; es waren daher im Inneren drei über einander befindliche kreisrunde Rinnen ange-

Fig. 22.



bracht, welche mit Del gefüllt wurden, wie die Fig. 22 zeigt. Zur Füllung waren 750 kg Del erforderlich, welches von der Firma A. Wiegenroth in Mannheim geliefert wurde. Die Länge der drei Kupferdrähte zusammen betrug 530 km und ihr Gewicht 60000 kg; sie kosteten 120000 M. und wurden von der Firma Hesse und Söhne in Heddernheim gegen billige Entschädigung geliehen. Einen so hochgespannten Strom so weit zu führen ist natürlich stets gefährlich, es waren deshalb

die Telegraphenstangen 8 m hoch und durch einen Todtenkopf gekennzeichnet. Ferner waren von Zeit zu Zeit Vorrichtungen angebracht, welche den Strom sofort kurz schlossen, sobald eine Zerreißung der Drähte eintrat, und durch selbstthätige Ausschalter die stromerzeugende Maschine in Lauffen ausschalteten. Die Leitung ist vom Reichspostamt und, soweit sie in Württemberg liegt, von der württembergischen Postverwaltung hergestellt. Ehe die Leitung angelegt wurde, lieferte die Maschinenfabrik von Derlikon vor einer Commission den Beweis, daß jede Gefahr für den Eisenbahnbetrieb ausgeschlossen sei. In Frankfurt wurde der hochgespannte Strom durch Transforma-

toren wieder in niedrig gespannten verwandelt und sodann zur Speisung von 1000 Glühlampen verwendet, während der übrige Theil des Stroms einen 10 m hohen Wasserfall in Bewegung setzte. So war gewissermaßen der Neckarfall bei Lauffen in Frankfurt neu entstanden durch seine eigene Wasserkraft.

Dies ist die große Lauffen-Frankfurter Kraftübertragung, welche am 16. Aug. 1891 in Wirksamkeit trat. Sie lieferte ein Licht von über 15000 Kerzen. Es sind an das Gelingen dieses großartigen Versuchs sofort die weitgehendsten Hoffnungen und Erwartungen geknüpft worden. Ob sich dieselben erfüllen werden, muß die Zukunft lehren. Jedenfalls dürfte es zu sanguinisch sein, wenn man erwartet, daß in Zukunft keine Lokomotiven mehr fahren, sondern nur noch elektrisch getriebene Wagen, welche eine Geschwindigkeit von 250 km in der Stunde besitzen würden, oder gar zu hoffen, wie die Allgemeine Zeitung: „in zehn, fünfzehn Jahren braucht kein Dampfschornstein die Luft der Städte mehr zu verunreinigen. Soweit die „Feuerkraft“ nicht der Wasserkraft gewichen sein wird, wird sie ihre wohlthätige Macht im Verborgenen üben können. Der elektrische Strom wird bereit sein, ihre Wirkung untadelhaft in die weiteste Ferne zu übertragen“. Gegenwärtig ist das Interesse für den Drehstrom etwas in den Hintergrund getreten und ob es in derselben Stärke, wie voriges Jahr, wieder erwachen wird, bleibt abzuwarten. Jedenfalls hat dieser Versuch die Möglichkeit einer Kraftübertragung auf ungefähr 200 km dargethan.

Meteorologie.

Für das Publicum ist das Ziel der Meteorologie die Wetterprognose. Das ist sie für die Wissenschaft nicht. Für diese handelt es sich in erster Linie um die Erkenntniß der Gesetze und typischen Vorgänge, welche den Zustand unserer Atmosphäre insolge der Rotation der Erde, und der Bestrahlung durch die Sonne, d. h. der niedrigen Temperatur an den Polen und der großen Wärme am Aequator bestimmen, und die Wetterprognose ist nur ein Nebenproduct, welches um so sicherer und zuverlässiger gewonnen werden wird, je tiefer unser Einblick in die „Physik der Atmosphäre“ reicht. Die sangu-

inischen Hoffnungen, mit denen unser schnell dahinlebendes Zeitalter das rasche Aufblühen der meteorologischen Wissenschaft begrüßte, waren um so mehr verfrüht, als die Ergebnisse, die bei dem ungefähr 70 jährigen Bestehen dieser Disciplin gewonnen wurden, nur mehr als Versuche zur Lösung der wichtigsten grundlegenden Fragen angesehen werden dürfen und als das Beobachtungsmaterial erst in allerneuester Zeit, namentlich durch Anlage zweckmäßig gewählter Höhenstationen, derart vermehrt wurde, daß jetzt erst die nöthige Grundlage geschaffen zu sein scheint, um über die Zustände der Atmosphäre derart klar zu werden, daß man an die Ableitung allgemein gültiger Gesetze denken kann. Für diesen Stand der Meteorologie ist es bezeichnend, daß die Hamburger Seewarte vor einigen Jahren die Wetterprognose aufgab, und daß es nicht gelingt, das große Publicum von der Unzulänglichkeit solcher Vorausbestimmungen zu überzeugen, die ohne jede wissenschaftliche Grundlage allgemeine Gültigkeit in Anspruch nehmend die Welt überschwemmen.

Daß die Meteorologie in der kurzen Spanne Zeit ihrer Existenz schon mehrere große Wandlungen im System durchgemacht hat, kann bei der völligen Unklarheit, die zu Anfang dieses Jahrhunderts über das Wetter und seine Ursachen herrschte, nicht Wunder nehmen. Es scheint jedoch die Untersuchungsmethode nun endlich in eine Bahn gelenkt zu sein, welche endgiltige Erfolge verspricht. Man hat jetzt Gesichtspunkte aufgestellt, die allgemeiner Natur sind und ist auf sogenannte „Wettertypen“ gekommen, welche sich durch den dynamischen und thermischen Zustand der Atmosphäre bestimmen lassen. Eine Uebersicht über alte, neue und neueste Meteorologie gibt Prof. Walter König in Leipzig.¹⁾ Von der alten Dove'schen Anschauung ausgehend, daß die atmosphärischen Erscheinungen von zwei Strömungen herrührten, deren eine längs der Erdoberfläche vom Pol zum Aequator, die andere in der Höhe in umgekehrter Richtung fließe, und welche in den Tropen sich so wenig störten, daß hier die constanten Passate austreten können, während sie in den gemäßigten Zonen stark in einander greifen und eine unregelmä-

1) Allg. Zeitg. vom 16. Juni 1892 Beilage 164. und 165.

fige Reihe von Wirbeln erzeugen, wird des barischen Windgesetzes Erwähnung gethan, welches besagt, daß die Luft stets von Orten höheren Drucks nach solchen niederen Drucks strömt, und welches die Grundlage der „modernen Meteorologie“ wurde. Der Kernpunkt dieser neuen Anschauungen ist die sogenannte „Convectionstheorie“, welche die thermischen Vorgänge in der Atmosphäre zur Ursache aller Witterungserscheinungen zu machen suchte.

Diese Theorie nimmt an, daß die Luft in Gebieten niedrigen Luftdrucks oder Cyclonen nach oben aufsteigt, in solchen hohen Luftdrucks oder Anticyklonen niedersinkt. Nach der mechanischen Wärmetheorie muß sich nun ein aufsteigender Luftstrom, da er ja in Schichten immer geringeren Luftdrucks gelangt, ausdehnen und dabei abkühlen. Es wird demnach seine Fähigkeit, Feuchtigkeit aufzunehmen immer geringer werden, der in ihm gelöste Wasserdampf wird die der Temperatur entsprechende Maximalspannung erreichen und sich bei weiterem Aufsteigen, also weiterem Abkühlen in Form von Wolken oder Regen niederschlagen. Ein Gebiet niederen Luftdrucks wird demnach zugleich ein Gebiet schlechten Wetters sein. Sinkt die Luft aber nach unten, so wird sie in Schichten größeren Luftdrucks gelangen, sie wird zusammengepreßt werden und sich erwärmen. Ihre Fähigkeit, Wasserdampf aufzunehmen steigt und so werden sich alle in der Anticyklone befindlichen Wolken auflösen, die Temperatur wird hoch sein und wir werden ein Gebiet guten Wetters haben.

Die beim Aufsteigen in einer Cyclone nach oben gelangte Luft muß nun beseitigt werden, damit die nachdrängende Platz erhält. Sie wird sich oben ausbreiten, und schließlich nach den Seiten abfließen und so in die benachbarte Anticyklone gelangen, wo sie Gelegenheit findet wieder niedersinken. Ebenso wird am untern Ende einer Anticyklone ein seitliches Abfließen der Luft stattfinden, und die Luft wird so in die benachbarte Cyclone getrieben, wo sie wieder aufsteigt. Es wird also ein ewiger Kreislauf der Luft stattfinden.

Bis jetzt sind die Cyclone und Anticyklone einfach als existirend hingenommen. Es handelt sich jetzt darum ihre Entstehung zu begründen. Die moderne Meteorologie findet die Ursache der Entstehung in lokalen Temperaturstörungen.

Es wird irgendwo die Luft erwärmt, sie steigt an dieser Stelle auf und bildet eine Cyclone, indem sie die Flächen gleichen Luftdrucks gewissermaßen heruntersinken läßt, so daß sie eine Art Mulde bilden. Die Luft kommt oben so stark abgekühlt an, daß sie kälter ist als die Umgebung, sie gleitet zur Seite und sinkt hernieder, indem sie die Niveauflächen jetzt nach oben verschiebt, so daß sie eine kuppenähnliche Erhebung bilden und eine Anticyclone hervorrufen. Die Rotation der Erde lenkt die Bewegung seitlich ab und es tritt demnach der Zustand ein, daß die Luft in der Cyclone mit einer Bewegung nach innen rotirt, während die Rotation in einer Anticyclone nach außen zu erfolgt.

Ein weiterer Punkt, der der Erklärung bedurfte, war der Umstand, daß die Cyclonen stets eine seitliche Bewegung besitzen, die Anticyclonen dagegen im Großen und Ganzen an ihrer Stelle bleiben. Die Convectionstheorie führt hierfür als Grund an, daß die Cyclonen naturgemäß nach der Seite hingetrieben werden müßten, wo die meisten Niederschläge erfolgen, die Luft also durch Verlust an Feuchtigkeit leichter wird.

Dieser letzte Punkt ist es nun, an dem die neueste Meteorologie ansetzt, indem sie seine Richtigkeit bestreitet. Röp-pen in Hamburg hat im Gegensatz dazu behauptet, daß die Cyclonen vielmehr dahin wanderten, wohin die Luftströme fließen, die innerhalb der Cyclone die überwiegenden sind. Man hat überhaupt angefangen, zu zweifeln, daß die thermischen Verhältnisse die alleinige Ursache der Circulation der Luft von Cyclone zu Anticyclone seien und hat die Erklärung vielmehr in mechanischen Verhältnissen gesucht. Besonders hat Hann Gründe vorgebracht, welche die letzte Anschauung in hohen Grade stützen.

Diese Gründe ergeben sich in der Hauptsache aus der Erscheinung der Temperaturumkehr. Nach der Convectionstheorie mußte die Energie, welche die Luft in den Cyclonen in die Höhe treibt, von dem in den Anticyclonen absteigenden Luftstrom hergenommen werden. Sollte dieser aber die Energie liefern, so konnte er sie nur in Folge seines größeren Gewichts liefern, welches die Luft im benachbarten Minimum ganz ebenso in die Höhe drückt, wie die specifisch schwerere Flüssigkeit im einen Schenkel einer U-Röhre die specifisch

leichtere im andern. Dies konnte aber nur dadurch geschehen, daß die Luft im barometrischen Maximum im Mittel kälter war als in der benachbarten Cyclone. Die Convectionstheorie nahm dies an, da sie von der Beobachtung ausging, daß in einer Anticyclone meist starkes Frostwetter herrscht, während in der Cyclone die Temperatur sehr milde ist, und dies schien ihr um so mehr maßgebend, als die Cyclonenthätigkeit sich vorherrschend im Winter entwickelt. Nun ist es aber eine längst bekannte Thatsache, daß bei hohem Barometerstand die Berggipfel häufig eine wärmere Temperatur besitzen als die Täler, daß also gerade das umgekehrte von dem der Fall ist, was die Convectionstheorie lehrt. Es ist überhaupt klar, daß man nicht nur die Temperatur der untersten Luftschichten in Rücksicht ziehen darf, wenn man die Richtigkeit der oben erwähnten Hypothese prüfen will. Da man aber von Ballonfahrten noch nicht genug Material besitzt, so war die Anlage von Höhenstationen nun geradezu bahnbrechend, indem man hier im Stande war, die Temperatur und Druckverhältnisse für lange Perioden zu studiren und zu vergleichen. Die in den letzten Jahrzehnten in den Alpen und auch anderswo z. B. auf dem Pike's-Peak, Ben Nevis, Puy de Dôme, Pic du Midi u. a. angelegten meteorologischen Stationen haben nun sehr zahlreiches Material geliefert, aus welchem sich drei Hauptpunkte für diese Frage ergeben. Erstens nämlich ist nachgewiesen, daß eine Temperaturumkehr nur in barometrischen Maximis auftritt, ferner daß sie sich über sehr ausgedehnte Gebiete erstrecken kann, z. B. über das gesammte Alpengebiet bis weit nach Deutschland hinein (Dec. 1879), endlich daß die Erscheinung keine vorübergehende ist, sondern Tage ja Wochen (Dec. 1879) andauern kann und daß sie so häufig vorkommt, daß sie sich sogar in den Monatsmitteln oder selbst in den Wintermitteln ausspricht. Es ist also die Temperaturumkehr eine Erscheinung, welche an das Auftreten einer Anticyclone gebunden ist und ein wesentlicher Bestandtheil derselben. Demnach sinkt die relativ leichtere Luft nieder und die relativ schwerere steigt auf und dies ist mit der Convectionstheorie unverträglich. Man muß also die Energiequelle in mechanischen und nicht in thermischen Vorgängen suchen. Man kommt demnach den Dove'schen Anschauungen

wieder näher, denn man führt neben den thermischen Ursachen die mechanischen als zweites Hauptmoment für die ganze Luft-circulation wieder ein.

Der thermische Effect, d. h. die Abkühlung an den Polen und die Erwärmung am Aequator setzt die Luft in eine Bewegung, welche längs der Meridiane erfolgen würde, wenn die Erde nicht um ihre Axe rotirte. Da dies aber der Fall ist, so erscheint die nach höheren Breiten erfolgende Bewegung als Westwind, die umgekehrte als Ostwind. Es existirt demnach nicht der Dove'sche Aequatorial- und Polarstrom sondern, es sind Ost- und Westströme vorhanden, die in drei Zonen zerfallen, in den äquatorialen Gürtel vorherrschender Ostwinde (Passate), und die beiden Gebiete der in höheren Breiten herrschenden Westwinde, nur kommen diese Ströme erst in den höheren Luftschichten zur vollen Entfaltung. In den höheren Breiten stören sich die Bewegungen, die um den Pol kreisenden Luftströme bilden Stauungen und Wirbel und wirken so auf die unter ihnen liegenden Luftschichten, indem sie die Cyclonen und Anticyclonen bilden.

Trotzdem Hann¹⁾ die Richtigkeit dieser Hypothese zweifellos nachgewiesen hat, sind es besonders die Amerikaner, welche an der Convectionstheorie festhalten wollen und die Richtigkeit der Einwände Hanns bestreiten. Die Entscheidung bietet gewisse Schwierigkeiten insofern, als die Temperaturen und Luftdrucke der Gipfelstationen auf Meeresniveau reducirt werden müssen und es durch eine derartige Reduction leicht zweifelhaft erscheinen kann, ob man ein Maximum oder Minimum vor sich hat. So führt z. B. Hazen²⁾ die Vorgänge auf dem Pikes-Beak und Mount Washington während eines Barometermaximums für die ältere Theorie an. Hann³⁾ hat daher die Untersuchung auf die ganze Zeit vom October 1886 bis December 1890 ausgedehnt, die monatlichen Luftdruckmaxima und =Minima ausgezogen und die zugehörigen Daten für Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Bewölkung und Windrichtung beigelegt. Ferner wurden die mit jenen Tagen correspondirenden

1) S. dieses Jahrbuch Jahrg. XXVII S. 225 f.

2) Meteorol. Ztschr. 8. S. 183. 1891.

3) Wiener Berichte Bd. C Abth. IIa April 1891. Auszug. Met. Ztschr. 11. [65] 1891.

Tagesmittel der meteorologischen Elemente zu Ischl zusammengestellt und ihre Abweichungen vom 30 jährigen Mittel 1851—80 berechnet. Hieraus wurden sodann Mittel für Winter und Sommer abgeleitet. So ist z. B. folgende Tabelle entstanden:

		Luftdruck			
		Maximum		Minimum	
		Winter	Sommer	Winter	Sommer
Luftdruck	Sonnbl.	526.1	528.2	506.8	515.5
	Ischl.	774.5	766.3	754.2	755.5
Temperatur	Sonnbl.	-6.7	1.0	-15.8	-5.8
	Ischl.	2.0	17.7	-0.8	11.1
Rel. Feuchtigkeit	Sonnbl.	69	85	95	97
	Ischl.	85	72	86	78
Bewölkung	Sonnbl.	2.8	4.2	8.4	9.1
	Ischl.	5.0	4.2	7.6	7.5.
Abweichungen vom 30 jährigen Mittel					
Luftdruck	Sonnbl.	9.2	5.8	-10.2	-6.4
	Ischl.	8.7	3.0	-9.9	-6.3
Temperatur	Sonnbl.	4.2	3.1	-4.8	-3.5
	Ischl.	0.3	3.6	-2.0	-2.5.

Demnach bringen die Barometermaxima im Winter auf dem Sonnblick relativ hohe Temperatur, geringe relative Feuchtigkeit und sehr geringe Bewölkung mit sich, während in Ischl die Temperatur relativ niedriger, die Luft feuchter und der Himmel stärker bedeckt ist. Die folgende Tabelle gibt die Verhältnisse während der 14 Anticyklonen des Winterhalbjahres, bei denen der Sonnblick im Centrum war. Sie zeigen die Erscheinung noch schärfer.

	Abweichung		Beob.	Rel.	
	Luftdruck	Temperatur	Temp.	Feucht.	Bewölkung
Sonnblick	11.8	6.0	-5.0	61	1.3
Ischl.	11.0	0.5	1.7	85	4.1.

Nimmt man die Daten, welche bei den Monatsmaximis des Luftdrucks in Ischl beobachtet wurden, so erhält man:

	Abweichung		Beob.	Rel.	
	Luftdruck	Temperatur	Temp.	Feucht.	Bewölkung
Sonnblick	8.2	0.9	-10.4	73	3.3
Ischl.	10.0	-0.8	-0.2	89	4.7.

Im Sommer zeigen Ischl und Sonnblick keinen wesentlichen Unterschied, die Luftsäule ist im Sommer also ebenfalls zu warm. Die Anticyklonen besitzen also ein warmes Centrum.

Die Minima zeigen deutlich Kälte. Die negative Temperaturabweichung ist oben doppelt so groß wie unten, die Feuchtigkeit ist stark, ebenso die Bewölkung. Die Cyclonen haben also ein kaltes Centrum.

Den Gang des Luftdrucks und der Temperatur während des Vorüberzugs eines Maximums und Minimums auf dem Sonnblick zeigen folgende Zahlen, welche Mittel aus 50 Fällen sind:

		Abweichungen				
		2 Tage vor,	1 Tag vor,	am Tage,	1 Tag nach,	2 Tage nach
	Mittel	Barometermaximum				
Luftdruck	524.4	-2.3	0.7	2.5	1.0	-2.0
Temperatur	-4.2	-1.9	-1.0	1.1	1.6	0.1.
		Barometerminimum				
Luftdruck	514.8	2.4	-0.6	-3.4	-0.8	2.3
Temperatur	-9.6	2.1	1.1	-1.0	-1.6	-0.4.

Demnach steigt und fällt die Temperatur zu allen Jahreszeiten mit dem Luftdruck, verhält sich also genau entgegengesetzt, wie die Temperatur am Erdboden im Winter. Das Maximum oder Minimum der Temperatur wird einen Tag nach dem Maximum oder Minimum des Luftdrucks erreicht. Ebenso entspricht die kleinste Bewölkung in 3100 m Seehöhe der höchsten Temperatur im Winter, in der Niederung ist dies auch umgekehrt.

Das gleiche Resultat ergab die Untersuchung der Frage, wie sich die Temperaturverhältnisse in 3100 m Höhe gestalten, wenn über Mitteleuropa oder den Ostalpen eine Cyclone liegt, sowohl im Winter wie im Sommer.

Eine höchst interessante Bestätigung der Hann'schen Behauptungen bietet die folgende Tabelle. Dieselbe gibt die Temperaturvertheilung von 10 Stationen, deren Seehöhe zwischen der Ischl's (467 m) und der des Sonnblick liegt. Die Zahlen sind die Mittel aus den Beobachtungen an 260 Tagen der Jahre 1887, 88, 89, wobei die Tage unbestimmter Druckvertheilung ausgeschieden wurden. Dabei wurde unterschieden nach welcher Seite der hohe Druck lag, ferner wurde ein Maximum und Minimum über Mitteleuropa verglichen und schließlich sind die Daten gegeben für den Fall, daß der Sonnblick im Centrum eines Maximums und eines Minimums lag.

Ort	Seehöhe m	Hoher Druck im				Barometer		Centr. des	
		W	N	O	S	Max.	Min.	Max.	Min.
Sonnblick	3100	-18.9	-18.1	-11.0	-11.8	-9.8	-17.5	-7.8	-13.4
Säntis	2500	-12.2	-11.7	-6.5	-7.3	-4.3	-13.4	-2.3	-10.4
Obir	2046	-11.0	-12.5	-5.0	-5.9	-4.8	-10.2	-3.1	-6.8
Schmittenhöhe	1974	-11.9	-12.0	-3.9	-5.6	-3.6	-10.6	-2.0	-6.6
Kolm	1600	-8.5	-10.0	-0.9	-3.2	-3.1	-7.7	-1.5	-3.3
Haller Salzburg	1490	-7.1	-9.0	-1.0	-1.9	-1.5	-7.1	-0.2	-3.5
Stelzing	1410	-6.5	-8.1	-2.4	-2.6	-1.7	-6.3	-0.3	-2.4
Kauris	940	-4.7	-7.5	-3.0	-3.0	-5.7	-4.5	-5.6	-0.2
Zell am See	766	-3.9	-7.1	-4.1	-3.8	-6.9	-4.9	-7.1	+0.3
Vienz	680	-3.1	-6.0	-3.3	-3.4	-5.9	-3.6	-5.3	+0.2
Ober-Drauberg	610	-3.6	-5.7	-3.1	-3.3	-6.5	-4.0	-6.3	-0.3

Die tiefsten Temperaturen traten demnach ein, wenn sich hoher Druck westlich oder nördlich von Mitteleuropa befindet. Fast ebenso tief ist die Temperatur, wenn über Mitteleuropa ein Minimum liegt. Dagegen ist die Temperatur am höchsten, wenn dort ein Maximum liegt oder der Sonnblick sich im Centrum des Maximums befindet. Für Orte bis zu 1000 m Höhe bringt das Maximum Kälte. Es kann demnach als erwiesen betrachtet werden, daß die Luft im Innern einer Anticyklone wärmer ist, als im Innern einer Cyclone. Die Unhaltbarkeit der Convectionstheorie erhellt noch aus anderen Gründen, so ist die Vorstellung einer Cyclone nach derselben ganz unmöglich. „Wie kann man so außerordentlich flache Luftscheiben, wie die großen Cyclonen der außertropischen Breiten es sind, bloß durch Auftrieb entstehen und fortwandern lassen. Ein Schornstein zieht bekanntlich nur, wenn seine Höhe vielmal größer ist als sein innerer Durchmesser. Bei unsern Wirbeln ist aber das Verhältniß in extremster Weise ins Gegentheil verkehrt.“ Die Convectionstheorie wird daher ihre Giltigkeit nur für die tropischen Cyclonen und die Wärmegewitter behalten.

Die Frage über den Bewegungszustand in Wirbeln und die Ursache ihrer Entstehung behandelt Wilhelm v. Bezold¹⁾ in einer längeren Abhandlung. Er steht ganz auf dem Boden der Hann'schen Anschauungen und sieht die Ursache dieser Wirbelbewegungen in der allgemeinen Circulation der Atmosphäre. Diese bedingt einen Luftabfluß in den hohen Regionen nach den Polen zu. Dieser Strom wird auf der Nordhemisphäre sehr bald eine südwestliche und schließlich

1) Berl. Ber. 4. Dez. 1890. Auszug in Meteorol. Ztschr. 8. S. 241. 1891.

eine rein westliche Richtung annehmen. Dabei wächst seine Geschwindigkeit mit dem Weiterschreiten nach höheren Breiten. Hierdurch entstehen Centrifugalkräfte, welche der Schwere entgegen wirken und daher in gewissen Breiten eine Verminderung des Luftdrucks herbeiführen müssen, während doch wegen der Abnahme der Temperatur, der Luftdruck mit der Breite zunehmen müßte. Diese Abnahme geht bis zu den Polen und wir erhalten also auf jeder Halbkugel einen Gürtel hohen Drucks, welche die Zonen der Passate von denen der Cyclonen und Anticyclonen trennen. Die Untersuchung wendet sich dann zu der Frage, ob die in den Wirbeln beobachteten Bewegungen sich vollständig aus der Druckvertheilung erklären lassen, oder ob diese erst eine Folge der Bewegungen sei, die dann anderwärts ihren Grund haben müsse. Die bisherigen Anschauungen fanden es selbstverständlich, daß die Luft in einer Cyclone nach innen, in einer Anticyclone nach außen strömen müsse, und erklären das Abfließen der in der Cyclone aufsteigenden Luftströme durch eine darüberlagernde Anticyclone. Dabei übersieht man aber, daß sich auch der Drehungssinn ändern müßte und das ist nicht nur bis jetzt noch nicht beobachtet, sondern sogar sehr unwahrscheinlich. Da nun zweifellos in den höheren Schichten einer Cyclone ein Abströmen der Luft nach außen stattfindet, so muß eine Erklärung für diese Bewegung der Luft gegen den Gradienten gesucht werden, und diese gibt Bezdold, durch die Einführung der „centrirten Cyclone“. Darunter wird nämlich ein Wirbel verstanden, bei dem die Bewegung genau kreisförmig um die Axe erfolgt, ohne daß sie einwärts oder auswärts abbiegt. Daß ein solcher Wirbel nur eine Cyclone sein kann, geht daraus hervor, daß die Centrifugalkraft der rotirenden Lufttheilchen durch eine nach der Axe gerichtete Kraft ausgehoben werden muß, und das können nur die Gradientkräfte sein. Eine solche centrirte Cyclone muß nun erstens kreisförmige Isobaren mit gemeinsamer verticaler Axe besitzen und ferner müssen bestimmte Beziehungen zwischen den Gradienten und den tangential zu den Isobaren gerichteten Geschwindigkeiten bestehen. Diese Beziehung lautet:

$$\gamma = \frac{v^2}{r} + k v \sin \varphi = g \operatorname{tg} \alpha,$$

wo γ den Gradient, v die Geschwindigkeit der Luft, $k=0,0001458$, φ die geographische Breite, g die Beschleunigung der Schwere und α den Neigungswinkel der Fläche gleichen Drucks gegen den Horizont bedeutet. Die letzte Beziehung drückt übrigens den Satz aus, daß die Beschleunigung, welche ein Lufttheilchen in horizontalem Sinne erfährt, gleich der eines schweren Punktes ist, der auf der betreffenden Druckfläche ohne Reibung abgleitet. Die Geschwindigkeit, welche das Lufttheilchen an irgend einer Stelle einer centrirten Cyclone nach innen zu erhält, muß immer gleich der Centrifugalbewegung des Theilchens sein. Ist die Geschwindigkeit kleiner, so wird das Theilchen nach außen fliegen, ist sie größer, so wird das Theilchen nach innen sinken. Die Luft muß also von vornherein in einer derartigen Bewegung sein, daß die Gradientkraft gerade hinreicht, die Bahn kreisförmig zu erhalten. Es entspricht also jeder Gradientkraft, d. h. jeder symmetrisch circularen Druckvertheilung eine bestimmte „kritische Geschwindigkeit“ und umgekehrt jeder Geschwindigkeit der Luftmasse ein bestimmtes System „kritischer Druckflächen“. Die Cyclone ist centriert, sobald die kritischen Flächen mit den wirklichen Druckflächen zusammenfallen, sind sie weniger geneigt als die Druckflächen, so besitzt die Cyclone centripetale Bewegung, sind sie mehr geneigt, so besitzt sie centrifugale Bewegung. Die Neigung der wirklich existirenden Druckflächen mißt die centripetalen Gradientkräfte, die Neigung der kritischen Flächen mißt die centrifugalen Kräfte.

Die Neigung der Druckflächen an senkrecht übereinander liegenden Punkten ändert sich nur wenig, da es hier nur auf die horizontale Temperaturdifferenz ankommt. Da aber die Luftbewegung von unten nach oben meist nicht unbedeutend zunimmt, so wird die Neigung der kritischen Flächen dies ebenfalls thun. Demnach wird eine Cyclone nur in einer Horizontalebene centriert sein, in den andern aber nicht. Unterhalb dieser Ebene werden die kritischen Flächen eine geringere Neigung besitzen als die Druckflächen, die Bewegung wird also einwärts gerichtet sein. Dann fallen beide zusammen und die Cyclone ist in diesem Niveau centriert, während über demselben die kritischen Flächen stärker geneigt sind als die Druckflächen, so daß dort eine nach außen gerichtete Bewegung stattfindet.

Ist die Cyclone nicht ganz kreisförmig, so werden sich

complicirtere Betrachtungen, die aber doch ähnlicher Art sein werden, anwenden lassen. Nimmt man an, daß das Niveau, in der die Cyclone centrirt ist, sich ziemlich nahe am Erdboden befindet, so wird von unten nicht so viel Luft eintreten können, um die oben abströmende Luft zu ersetzen, es wird also die Luft von oben angesogen werden. Dies erklärt vielleicht die Abnahme der Bewölkung bei Annäherung an die Mitte der Cyclone und das sogenannte „Auge des Sturms“.

Es ist oben das Gesetz von Köppen erwähnt worden, daß die Minima sich stets dahin bewegen, wohin die ihrer Gesamtenergie nach überwiegende Luftströmung gerichtet ist. Jetzt hat van Beber¹⁾ eine Untersuchung über die Zugstraßen der barometrischen Minima veröffentlicht. Dazu wurde das Material aus den Jahren 1876—1890 benutzt. Die Bahnen wurden für jeden Monat während 5 Jahren aufgezeichnet, so daß man in den 15 Jahren der Beobachtung für jeden Monat drei Karten erhielt, welche dann zu einer einzigen vereinigt wurden. Diese Karten zeigen große Verschiedenheit der Zugstraßen in den warmen und in den kalten Monaten. In den ersteren sind die Bahnen fast ausnahmslos nach Nordost und Nordnordost gerichtet, während sie in den kalten nach Südost bis Ostnordost laufen.

Für die Fortpflanzung der Depression gelten folgende Grundsätze:

1. Ist die Vertheilung des Luftdrucks und der Temperatur in der Umgebung der Depression in demselben Sinne gerichtet, so erfolgt die Fortpflanzung der Depression nahezu senkrecht zum Druck- und Temperaturgradienten.

2. Sind Luftdruck und Temperatur in der Umgebung der Depression im entgegengesetzten Sinne vertheilt und auf beiden Seiten ziemlich gleichwerthig, so wird die Bewegung der Depression gehemmt oder ganz aufgehoben; dabei nimmt die Depression eine längliche mehr oder weniger verzerrte Form an, wobei die Längsaxe meist senkrecht zum Luftdruck- und Temperaturgradienten steht, an deren Ende sich häufig Theilminima lösen, die dann der Luftströmung folgen, welche der Luftsäule über der betreffenden Gegend eigen ist.

1) Met. Zschr. 8. S. 361. 1891.

3. Ist bei derselben Vertheilung, wie vorhin angegeben, nach der einen Seite der Depression entweder der Luftdruck- oder der Temperaturgradient überwiegend, so wird die Richtung der Ortsbewegung durch das vorwaltende Element bestimmt.

4. Sind Luftdruck und Temperatur zwar nicht entgegengesetzt, aber auch nicht in demselben Sinne um die Depression vertheilt, so wird von der Depression eine resultirende Richtung eingeschlagen, welche der mächtiger wirkenden Ursache mehr entspricht.

Von der Besprechung der einzelnen Zugstraßen, deren er in der Hauptsache fünf unterscheidet, muß hier abgesehen werden. Sie sind in der Originalabhandlung auf zwölf Karten für die einzelnen Monate aufgezeichnet.

Für die Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe liegen eine Anzahl Beobachtungen vor, von denen die interessantesten die am Pike's-Peak¹⁾ sein dürften, der höchsten meteorologischen Station, welche es bis jetzt gibt (4308 m). Das dortige Observatorium besteht seit Herbst 1873. Die Beobachtungen sind schwierig, weil es kein Beobachter lange aushält; von 1874 bis 1888 sind 13 Beobachter oben gewesen, und nur einer fast 4 Jahre. Der Gipfel hat im Sommer sehr hohe, im Winter sehr tiefe Temperatur (14,7° bis —35,4° mittlere Jahresextreme, während der Sonnblid 8,8 und —31,2° besitzt). Im Sommer wachsen trotz der großen Höhe auf dem Gipfel Blumen und der Wald zieht sich bis 3440 m hinauf. Der Gipfel liegt sehr frei, und die Fußstation war in den ersten Jahren Colorado Springs, sodann Denver. Aus den Beobachtungen dieser Stationen hat Hann die Wärmeabnahme mit der Höhe berechnet. Andererseits liegen uns die Werthe der Abnahme von Fort William nach Ben Nevis²⁾ vor, und schließlich sei noch die Abnahme von Kolm Saigurn nach dem Sonnblid des Vergleichs wegen beigelegt.

1) Met. Zschr. 8. S. 206. 1891.

2) Ebenda S. 431. 1891.

Wärmeabnahme mit der Höhe für je 100 m.

Jan. Febr. März April Mai Juni Juli August Sept. Okt. Nov. Dez. Jahr

Tauern 47° N. Br.

0.53 0.60 0.63 0.69 0.74 0.75 0.73 0.72 0.67 0.60 0.57 0.55 0.65

Colorado 39° N. Br.

0.52 0.62 0.66 0.72 0.74 0.74 0.67 0.66 0.61 0.60 0.56 0.52 0.64

Ben Nevis 56° 49' N. Br.

0.58 0.65 0.68 0.77 0.73 0.70 0.70 0.68 0.63 0.65 0.61 0.59 0.66.

Man sieht die gute Uebereinstimmung der Zahlen. Nur von Juli bis September sind die Unterschiede etwas größer.

Die Temperaturen in den obersten Erdschichten stellt Prof. H. Fritz durch die Formel dar

$$t^2 = 1.8 \cdot (T + 50),$$

in welcher t die Temperatur in Centesimalgraden, T aber die Tiefe in Metern ausdrückt.¹⁾ Die folgende Zusammenstellung zeigt, wie weit diese Formel der Wirklichkeit entspricht:

Tiefe in Metern T =	Temperatur		Ort der Beobachtung
	berechnet	beobachtet	
0 . . .	9.48° . . .	9.50°	Mittel der Jahrestemperaturen einer Anzahl mitteleurop. Orte.
3 . . .	9.75 . . .	9.70	
27.6 . .	11.80 . . .	11.60	Paris, Sternwarte
223 . . .	22.16 . . .	21.60	Sperenberg, Bohrloch
414 . . .	26.89 . . .	26.60	
669 . . .	35.97 . . .	35.90	
828 . . .	39.75 . . .	39.40	
1266 . . .	48.68 . . .	45.25	
1390 . . .	50.90 . . .	48.10	Schladebach, Bohrloch
1506 . . .	53.02 . . .	52.88	
1626 . . .	54.91 . . .	55	
1716 . . .	56.50 . . .	56.63	

Das Bohrloch von Sperenberg in der Mark Brandenburg hat eine Tiefe von 1268.6 m erreicht, die höchste Temperatur betrug 48.1° C, während die Formel 48.7° gibt.

Eine noch größere Tiefe, nämlich 1748.4 m (1650 m unter dem Meerespiegel) hat das Bohrloch von Schladebach,

1) Vierteljahrsschrift der naturforsch. Gesellsch. in Zürich 1891, 36. Jahrg., S. 55.

Prov. Sachsen; die hier namentlich im unteren Drittel erhaltenen Temperaturbestimmungen gelten für besonders zuverlässig.

Ältere Beobachtungen bleiben hinter den Werthen zurück, welche die Formel gibt, z. B.:

Tiefe	Temperatur		Ort der Beobachtung
	berechnet	beobachtet	
209 m	21.5°	17.4°	Bex, Bohrloch
218 =	21.9	17.25	Rüdersdorf, desgl.
528 =	32.2	27.75	Neusalzwerk, =
738.5 =	38.8	34.0	Orley Mines, Bergwerk.

Im Gotthardtunnel bei 1300 m mittlerer Ueberlagerungshöhe ergaben sich 30.5°, im Montcenistunnel bei 1550 m Ueberlagerung 31°; die Abweichungen betragen also hier 18°. In den Kohlenzechen St. André du Poirino in Frankreich steigt sogar die Temperatur selten über 19°, während sie nach obiger Formel 42° betragen sollte.

Die Temperatur des bleibenden Eisbodens bei Jakuzk beträgt bei einer mittleren Lufttemperatur von -9.7°

in	15.2 m Tiefe	—	7.8°
=	36.3 =	=	— 5.0
=	116.4 =	=	— 0.6

Es erfolgt also bis zu 116.4 m eine Temperaturzunahme von 9.1°, während sie nach der Formel 7.84° betragen sollte.

Was die Tiefe anlangt, um welche man hinabsteigen muß, um eine Temperaturzunahme von 1° zu erhalten, so ergibt sich diese sogenannte geothermische Tiefenstufe aus den Beobachtungen von Sperenberg gleich 27.3 m, aus denen von Schladebach aber 36.5 m; für das Rissinger Bohrloch das bei 628 m Tiefe Wasser von 32.8° gibt, findet man als Tiefenstufe 26.9 m.

Die elektrischen Erscheinungen in der Atmosphäre haben eine ganze Reihe von Arbeiten hervorgerufen. Zunächst haben Elster und Geitel¹⁾, bekannt durch ihre lichtelektrischen Versuche, sich am Sonnblick aufgehalten, um verschiedene elektrische Messungen vorzunehmen. Unter andern haben sie den

1) Met. Zschr. 8. S. 321. 1891.

täglichen Gang des Potentialgefälles auf dem Sonnblick bestimmt.

Datum	16.	17.	18. Juli 1891	Mittel
Mittlere Temp. +° C	4.9	5.5	4.7	5.0
Mittlere rel. Feucht.	66	84	85	78%
Mittlere Bewölkung	3.0	3.3	5.0	3.8
Mittlerer Dampfdruck	4.8	6.2	5.8	5.6 mm
5 ^h a. m.	—	187	—	187
6 ^h	—	202	197	200
7 ^h	—	244	224	234
8 ^h	—	211	224	218
9 ^h	—	206	242	223
10 ^h	203	244	244	240
11 ^h	204	234	256	231
Mittag	205	244	192	214
1 ^h p. m.	230	247	214	230
2 ^h	241	236	202	224
3 ^h		} bewölkt		—
4 ^h				—
5 ^h		224	} gewitterig	224
6 ^h	} gewitterig	220		220
7 ^h		244		244
8 ^h		208		208
9 ^h		230		230
Mittel		217	225	222

Zeichen stets +

Zahl der Beob. 29.

Die Untersuchungen wurden mit einem Wassertropfen-collector angestellt. Die erhaltenen Werthe zeigen eine geringe tägliche Schwankung.

Ebenso haben sie eine ganze Reihe von Elmsfeuern beobachtet. Sie bestimmten das Vorzeichen derselben nicht aus der Form der Büschel, was zunächst ja am Tage nicht zugänglich ist, sondern sie brachten einen Elektrophordeckel an das geöffnete Fenster und verbanden ihn mit einem Bohnenberger'schen Elektroskop. Wurde der Deckel auf etwa Armslänge zum Fenster hinausgehalten und dann ins Zimmer zurückgezogen, nachdem er ableitend berührt war, so konnte man ihm 2—3 mm lange Fünkchen entziehen.

Die beobachteten Elmsfeuer traten am 16., 18. und 20. Juli in den Nachmittags- und Abendstunden auf, während im Thal Gewitter niedergingen. Am schönsten war das Elmsfeuer am 18. Juli nach 7^h p. m. Es wechselte zweimal sein Zeichen unter heftigem blauen Blitze und hat wahrscheinlich

die ganze Nacht gedauert; bis 11 Uhr p. m. wurde es nur beobachtet. Am 20. Juli wurde in Zeit von 3 1/2 Stunden zweimal positives und dreimal negatives Elmsfeuer beobachtet.

Es scheint sicher zu sein, daß nach blauem Blitze negatives, nach röthlichem Blitze positives Elmsfeuer eintritt. Es schien dabei, als ob die Blitze die Felsen träfen, so daß die Farbe der Blitze sich ändern würde, je nachdem der Erdboden die Anode oder Kathode der elektrischen Entladung ist. Im Ganzen war übrigens negatives Elmsfeuer nicht seltener als positives.

Interessante Mittheilungen über Gewitter finden sich in dem Tagebuch der Beobachter auf dem Pikes Peak¹⁾. Die dortigen Gewitter waren sehr häufig von Hagelschlag begleitet, der dann in ungewöhnlicher Heftigkeit austrat. Nach einem Blitzschlag hörte bei den Hagelwettern der Hagelfall etwa eine halbe Minute auf und wurde dann erheblich stärker als kurz vor der Entladung. Auch Elmsfeuerbeobachtungen wurden gemacht, einmal sah man die ganze Telegraphenleitung auf eine Achtel-Meile hin glänzend leuchten. Es strömte fortwährend Electricität in kleinen Büscheln aus der Leitung heraus.

Den jährlichen und täglichen Gang der Luft-electricität beobachtete Dr. Fines in Perpignan.²⁾ Er maß die Electricität mit einem Elektrometer von Mascart, welches auf photographischem Wege den Gang der Electricität in Curven aufzeichnet. Zur Darstellung des täglichen und jährlichen Ganges sind nur ganz heitere Tage mit ruhiger reiner Luft geeignet, an denen die Curve den ganzen Tag positiv bleibt und keine beträchtlichen Unregelmäßigkeiten zeigt. Es gab im Mittel 217 brauchbare Tage im Jahr. Die Beobachtungen erstreckten sich über drei Jahre (1886 — 1888). Folgende Monatsmittel geben den jährlichen Gang in Volt:

Dec.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Jahr
66·8	66·8	62·0	59·3	49·2	50·2	50·9	48·8	45·1	41·0	54·8	67·0	55·2.

Demnach fällt das Maximum auf December, das Minimum auf September. Doch sind die Beobachtungen noch nicht zahlreich genug, um ganz zuverlässige Resultate zu geben.

1) Auszug Met. Zschr. 8. S. 201. 1891.

2) Met. Zschr. 8. S. 113. 1891.

Folgende Tabelle gibt den täglichen Gang.

Zeit	Winter	Frühj.	Sommer	Herbst	Jahr
1 ^h a. m.	46	45	42	40	43·2
2	43	41	39	36	39·7
3	43	39	38	36	39·0
4	44	41	39	36	39·8
5	46	44	43	38	42·7
6	54	51	50	47	50·5
7	65	58	54	60	59·1
8	77	57	53	64	62·7
9	80	54	51	60	61·2
10	69	49	48	53	54·9
11	65	48	48	50	52·9
Mittag	67	52	48	51	54·7
1	68	53	47	51	54·5
2	66	52	44	52	53·7
3	68	53	43	55	54·7
4	71	56	44	60	57·8
5	77	59	46	68	62·5
6	83	65	53	77	69·4
7	85	67	59	79	72·3
8	83	67	60	74	71·0
9	78	61	59	67	66·3
10	71	58	55	57	60·1
11	62	52	51	48	53·4
Mitten	55	47	46	43	47·6
Mittel	65·2	52·9	48·3	54·3	55·2.

Eine Sinusreihe wurde ebenfalls aufgestellt um den Gang zu berechnen. Die berechneten Werthe stimmen genügend.

Bei heftigen kalten Nordwestwinden, welche viel Staub mit sich führen, geht die Curve in kurzen Intervallen von positiven zu negativen Werthen über. Ist die Luft nach einem Regen rein und staubfrei, so bleibt die Lustelektricität trotz des heftigsten Nordwestwindes positiv. Demnach muß es der Staub sein, der negative Elektricität bringt. Bei ruhiger trockner Luft ist die Elektricität hoch gespannt, gleichgültig ob die Luft rein oder trocken ist. Thau und mehr noch Reif sowie Nebel verstärken die positive Elektricität. Regen gibt meist negative Elektricität.

Im 26. Jahrgang dieses Jahrbuchs¹⁾ ist der Untersuchungen Brückners Erwähnung geschehen, welche Klima-

1) S. 220 f.

schwankungen von ungefähr 36jähriger Periode im Mittel nachweisen. Brückner hat unterdessen diese Untersuchungen vervollständigt und sie zusammengefaßt herausgegeben.¹⁾ Neuerdings hat nun Professor Ed. Richter²⁾ in Graz eine Untersuchung über die Schwankungen der Alpengletscher veröffentlicht, welche die Brückner'schen Resultate sehr schön bestätigen. Die ungeheure, zum Theil sehr schwer zu beschaffende Litteratur machte die Arbeit vor Allem auch deshalb schwierig, weil die Mittheilungen und Angaben theilweise im Laufe der Zeit stark entstellt oder ganz direct aus der Luft gegriffen waren, da sie häufig ihre Wurzel in Volksmythen hatten, deren Wahrscheinlichkeit sehr gering ist. Es ist demnach sehr dankenswerth, daß Richter sich der Mühe unterzogen hat, diese Quellen kritisch durchzugehen und zu ordnen.

Das Beweismaterial besteht in der Hauptsache aus Berichten über Eis-Seen, die durch Gletscher aufgestaut wurden, über Gletscherlawinen, über directe Beobachtungen des Vorrückens oder Zurückgehens von Gletschern und über frühere Gangbarkeit jetzt vereister Pässe oder die umgekehrte Erscheinung. Es findet sich nun bei der Zusammenstellung dieser Vorkommnisse, daß das Vorrücken der Alpengletscher stets gleichzeitig in allen Theilen der Alpen stattfindet, und daß sich gewisse Perioden auffinden lassen, in denen die Gletscher sich ausgedehnt haben, während diesen andere Perioden entsprechen, in denen die Gletscher zurückgegangen sind. Die Vorstöße sind durch kühle und feuchte Perioden verursacht und diese lassen sich aus den Vorstößen bestimmen. Richter fand nun bei Bestimmung derselben, daß sie fast genau mit den von Brückner gefundenen Kälteperioden zusammenfallen und gibt folgende Tabelle darüber (s. nächste Seite).

Die Resultate der sehr umfangreichen Arbeit sind kurz folgende:

1. „Die Gletschervorstöße wiederholen sich in Perioden, deren Länge zwischen 20 und 45 Jahren schwankt und im Mittel der drei letzten Jahrhunderte genau 35 Jahre betrug.

1) Brückner, Klimaschwankungen seit 1700. Wien, Hölzel 1890.

2) Zschr. d. Deutsch-Oesterreich. Alpenvereins. 22. S. 1. 1891.

Gletscher- und Klimaschwankungen der letzten drei Jahrhunderte.

Beginn der Gletschervorstöße	Danach ange- setzte kühl- feuchte Periode	Zwischen- zeit zwischen zwei Perioden	Kalt waren nach Brückner	Character der Vorstoßperiode
1592	1590—1600		1591—1600	Intensiv und rasch.
		38		
1630	1625—1630		1611—1635	Wenig Rückgang, neuer Vorstoß gering.
		45		
1675	1670—1675		1646—1665	Intensiv und in den ganzen Alpen gleich- zeitig.
		38		
1712	1705—1715		1691—1715	Nicht besonders cha- racteristisch.
		20		
1735	1730—1745		1730—1750	Schwach aber lange dauernd.
		32		
1767	1765—1770		1766—1775	Ziemlich intensiv.
		47		
1814	1810—1817		1806—1820	Kurz u. sehr intensiv.
		21		
1835	1835—1855		1836—1855	Lang andauernd, nur zum Theil stark.
		40		
1875	? ?		? ?	

2. Die Vorstöße sind nicht von gleicher Intensität und auch nach der Art ihres Verlaufs nicht ganz gleichmäßig. Die Intensität ein und derselben Vorstoßperiode ist nicht bei allen Gletschern die gleiche. Verschiedene Gletscher haben in verschiedenen Perioden ihren bisher bekannten Maximalstand erreicht.

3. Es scheint eine nicht seltene Erscheinung zu sein, daß, wenigstens für die oberflächliche Beobachtung, von manchen Gletschern einzelne Perioden ganz übersprungen werden; d. h. daß entweder ein Rückgang oder ein Vorstoß so schwach angedeutet wird, daß er gegenüber den zwei benachbarten Perioden ganz übersehen wird und eine Hochstand- und Schwindperiode von doppelter Länge in Erscheinung tritt. Es besteht also die Neigung, die 35 jährige Periode in eine 70 jährige zu verwandeln.

4. Die Gletscherschwankungen stimmen im Allgemeinen mit den von Brückner ermittelten Jahreszahlen der Klimaschwankungen der letzten drei Jahrhunderte überein. Der Gletschervorstoß macht sich

bereits noch während der feucht-kühlen Zeit bemerkbar; die Verzögerung der Periode ist also geringer als man bis jetzt angenommen hat.

5. Es liegt keine einzige wirklich gut beglaubigte Nachricht vor, welche uns nöthigen würde anzunehmen, daß in historischer Zeit, vor dem 16. Jahrhundert, die Alpengletscher dauernd kleiner gewesen seien als jetzt. Vielmehr dürfte jene Volksmeinung vornehmlich durch die Erinnerung an die regelmäßigen Gletscherschwankungen und die dadurch hervorgebrachten Veränderungen der Wegsamkeit beeinflusst sein.“

III.

Chemie und chemische Technologie.

Die Elemente und ihre Verbindungen.

Chlor.

Chlormonoxyd und unterchlorige Säure.—Nach B. Meyer läßt sich das Unterchlorigsäureanhydrid oder Chlormonoxyd Cl_2O leicht in folgender Weise für Versuchszwecke darstellen¹⁾. Man erhitzt gelbes Quecksilberoxyd (also das amorphe, gefällte) in einem Tiegel einige Stunden auf etwa 400° und füllt es hierauf in eine 0,5 m lange, horizontal in Eis liegende Glasröhre, durch welche man langsam Chlorgas leitet. Das austretende Chlormonoxyd sammelt man durch Luftverdrängung in einem stehenden, engen Cylinder. Es besitzt eine schwach bräunliche Farbe und kann dadurch zur Explosion gebracht werden, daß man einen brennenden Spahn einführt oder etwas Schwefelpulver hineinstreut. Unter Feuererscheinung und pfeifendem Geräusch zersetzt sich das Chlormonoxyd glatt auf zu O und Cl_2 , ohne daß die Explosion gefährlich werden könnte.—Eine umfängliche Arbeit über das Chlormonoxyd rührt von R. Garzarolli-Thurnlach und G. Schacherl her²⁾. Dieselben stellten das Gas ähnlich wie B. Meyer dar. Doch hatten sie das Quecksilberoxyd nur bis 250° erhitzt; auch condensirten sie das Chlormonoxyd durch eine Kältemischung aus Chlorcalcium und Eis zur Flüssigkeit. Dasselbe war, wie die Analyse ergab, rein und besaß die Zusammensetzung Cl_2O . Das flüssige Monoxyd ist dunkelbraun,

1) Berl. Ber. 16. 1883. S. 2998.

2) Lieb. Ann 230. 1885. S. 273.

das gasförmige gelblichbraun und zwar in dünnen Schichten nicht besonders intensiv gefärbt. Entgegen der gewöhnlich aufgestellten Behauptung zerfällt das Gas im Sonnenlichte nicht, während Spuren von organischer Substanz sofortige heftige Explosion herbeiführen. Das Gas besitzt einen äußerst unangenehmen Geruch und greift die Schleimhäute stark an. In Wasser löst es sich mit schön goldgelber Farbe auf. Poröses Chlorcalcium wird durch Chlormonoxid unter Chlorentwicklung zum Theil in unterchlorigsaures Calcium verwandelt. Die Dampfdichte des Chlormonoxids wurde zu $43.42 - 43.69$ gefunden (statt berechnet 43.35). Der Siedepunkt der flüssigen Verbindung liegt bei $5 - 5.1^{\circ}$ unter einem Drucke von 737.9 mm Quecksilber.

Hypochlorite und Chlorbleiche. — Nach P. T. Austen sind wässrige Lösungen von unterchloriger Säure höchst unbeständig, alkalische dagegen in hohem Grade beständig¹⁾. So entwickelt z. B. eine Lösung von unterchlorigsaurem Natrium (NaClO) selbst beim Kochen keinen Sauerstoff. In der Kälte macht Kohlendioxid aus dem Salze die unterchlorige Säure frei: $2 \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{CO}_2 = 2 \text{HClO} + \text{Na}_2\text{CO}_3$; in der Hitze zerfällt sich dann die unterchlorige Säure weiter unter Sauerstoffabspaltung: $\text{HClO} = \text{HCl} + \text{O}$. Fällt man einen wässrigen Chlorkalkauszug mit doppelt kohlensaurem Natrium, so entstehen Calcium- und Natriumcarbonat neben freier unterchloriger Säure: $\text{Ca(OCl)}_2 + 2 \text{NaHCO}_3 = \text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{HClO}$. Kocht man diese Lösung, so zerfällt die unterchlorige Säure in Sauerstoff und Salzsäure; letztere zerlegt die Soda unter Kohlensäureentwicklung. — Eine gute Bleichlösung erhält man nach G. B. Ciaccio und G. Campari²⁾, wenn man 8 Gewichtstheile Natriatron in 100 Gewichtstheilen Wasser löst, die Lauge mit Eis und Kochsalz kühlt und dann Chlor bis zu völliger Sättigung einleitet. Die Lösung enthält Natriumhypochlorit und freies Chlor, muß aber frisch verwendet werden. — Ueber den Chemismus der Chlorbleiche machen E. F. Croß und E. J. Bevan Angaben, welche von den gewöhnlichen sehr abweichen³⁾.

1) Chem. Centralbl. 60² 1889. S. 239.

2) Ebenda (3) 18. 1887. S. 886.

3) Ebenda 61² 1890. S. 185.

Man nimmt in der Regel an, daß der Chlorkalk Sauerstoff abgibt und dieser unter Umständen Chlor frei macht: $\text{CaCl}(\text{OCl}) = \text{CaCl}_2 + \text{O}$; $2 \text{HCl} + \text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$. Der erschöpfte Chlorkalkauszug müßte dann alles vorher an den Hypochloritrest $(\text{ClO})^1$, gebundene Calcium als Chlorcalcium enthalten. Es stellt sich aber ein Chlordeficit heraus, indem nicht alles Calcium solcher Weise an Chlor gebunden ist. Es soll sich diese Erscheinung daraus erklären, daß ein Theil des Chlors sich mit den, nicht aus Cellulose bestehenden Antheilen der Faser verbindet. Diese enthalten nämlich Ketonsauerstoff, weshalb sie zur Aufnahme und festen Bindung von Chlor befähigt erscheinen. Hierbei nehmen sie einen sauren Charakter an und vermögen einen Theil des freien Kalkes zu binden. Die Faser hielt also auch bei völligem Auswaschen etwas Chlor zurück. Das Verhältniß des freien Kalks zum Calciumhypochlorit soll bei Darstellung verschieden concentrirter Lösungen desselben Chlorkalks der Concentration umgekehrt proportional, in der Volumeneinheit der Lösung also bei jeder Concentration dieselbe Menge an freiem Kalk enthalten sein. Wie ein Chlorkalkauszug verhält sich auch die Lösung, welche man durch Fällung des Chlorkalkauszugs mit Natronlauge erhält, während die durch Zusatz von Magnesia erhaltene Flüssigkeit fast kein und die durch Elektrolyse von Chlormagnesium erhaltene Bleichflüssigkeit kein Chlordeficit zeigen soll.

Der Bleichproceß von J. B. Thompson weicht vom gewöhnlichen Verfahren hauptsächlich darin ab, daß man aus der Chlorkalklösung die unterchlorige Säure durch Kohlensäure freimacht.¹⁾ Die ausgelaugten und gewaschenen Stücke, welche zu bleichen sind, kommen in einen luftdicht geschlossenen Kessel mit Luftventil, worauf man die sehr verdünnte Chlorkalklösung (unter 0.7°B , also unter $D = 1.005$) durch eine Druckpumpe einpreßt. Die Stücke werden völlig durchtränkt; die Luft entweicht durch das Ventil, worauf man es schließt und die Bleichflüssigkeit vom unteren Ende des Kessels wieder absaugt. Gleichzeitig läßt man aus einem Gasometer Kohlensäure ansaugen. Mit derselben bleibt der Kessel eine Stunde geschlossen stehen. Die unterchlorige Säure wird innerhalb der Faser frei gemacht und wirkt

1) Dingl. p. 3. 253. 1884 S. 428.

bleichend. Wenn nöthig, muß die ganze Arbeit mehrfach wiederholt werden. Schließlich wäscht man die Stücke gut aus, zieht sie durch eine Lösung von Triäthylrosanilinsalzen und wäscht abermals. Während die Kosten nach der gewöhnlichen Bleichmethode 80—100 Mark für 1 Tonne Gewebe betragen, belaufen sie sich bei der Thompson'schen Bleiche nur auf 30 Mark. Uebrigens ist das Verfahren bereits 1855 einmal patentirt worden, und zwar dem Chemiker P. J. Didot.

Ueber Hermite's Bleichverfahren sind sehr widersprechende Mittheilungen gemacht worden.¹⁾ Das Verfahren will auf elektrolytischem Wege eine Lösung von Hypochloriten erzielen. Wird eine Kochsalzlösung elektrolysirt, so entsteht an der Kathode Natrium, an der Anode wird Chlor frei. Am negativen Pol scheidet sich nämlich zuerst Natrium ab, welches durch Wasserzersetzung in Natriumoxyd umgewandelt wird. Von dem am positiven Pole entwickelten Chlor bleibt ein Theil gelöst und verwandelt das Natriumoxyd in Natriumhypochlorit. Damit recht viel Chlor gelöst bleibt und die Bildung von Chlorat vermieden wird, giebt man der Anode eine große Oberfläche und hält die Flüssigkeit kalt und verdünnt. In Amerika elektrolysirt man concentrirtes Meerwasser und ordnet im Zersetzungsbottich ein Rührwerk an, dessen Rührer aus isolirten Kohleplatten bestehen. Die Hälfte der Platten bilden die Kathode, die andere Hälfte die Anode. Durch ein eingelegtes Kühlrohr hält man die Temperatur bei 10°. Die entstehende Lösung wird sofort zum Bleichen benutzt. Nach Croß und Bevan besitzt sie bessere Bleichwirkung als ein Chlorkalkauszug von gleichem Gehalt an wirksamen Chlor und soll von letzterem mehr enthalten, als der verbrauchten Elektrizitätsmenge entspricht. Besonders hohe Bleichkraft soll die durch Elektrolyse von Chlormagnesiumlösung erhaltene Flüssigkeit besitzen. S. Hurter hat die Methode einer sehr genauen Prüfung unterworfen und ist zu dem Schlusse gekommen, daß — was zu erwarten war — nicht nur der Gehalt an Hypochlorit der verbrauchten Elektrizität entspricht, sondern wegen Elektrolyse des gebildeten Hypochlorits sogar unter dem berechneten Betrage bleibt. Es finden nämlich die folgenden beiden Zersetzungen statt: (1)

1) Chem. Centralbl. (3) 17. 1886 S. 398. — Dingl. p. J. 266. 1887 S. 175.

$3\text{Mg}(\text{ClO})_2 + 9\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 3\text{H}_2 + 6\text{HClO} + \text{O}$;
 (2) $6\text{HClO} = 2\text{HClO}_3 + 4\text{HCl}$. Besonders schlecht waren die Ergebnisse, wenn nicht Elektroden aus Platin, sondern solche aus Kohle zur Benutzung kamen. Schließlich besaß die erhaltene Lösung weder bessere Bleichkraft als Chlorkalkauszug, noch war ihre Herstellung billiger.

Eine ganze Reihe von Bleichflüssigkeiten haben G. Lunge und L. Landolt untersucht.¹⁾ So zunächst das Chlorozon, welches 1876 dem Grafen Dienheim-Broschowski patentirt und angeblich 1878 bedeutend verbessert wurde. Aus Chlorkalk und starken Mineralsäuren soll unterchlorige Säure entwickelt (es entsteht aber nur Chlor!) und im Gemisch mit Luft in Natronlauge geleitet werden. Hält man die (angebliche) unterchlorige Säure im Ueberschusse, so soll saures Chlorozon entstehen, eine Mischung aus chlorsaurem Natrium und freier unterchloriger Säure. Bleibt dagegen das Natron im Ueberschuß, so bildet sich alkalisches Chlorozon, welches chlorig- und unterchlorigsaures Natrium neben Kochsalz enthalten soll. Im Jahre 1883 wurde das Chlorozon von E. Mills empfohlen. Es enthält aber nur freie unterchlorige Säure, Kochsalz, wenig chlorsaures Natrium und Chlor. Die Lösung wird anders als Javell'sche Lauge wirken, läßt sich aber einfacher und billiger als nach dem Patente bereiten. — Weiter hat man neuerdings Bleichverbindungen empfohlen, welche ähnlich wie Chlorkalk, aber aus Magnesia, Zinkoxyd, Thonerde u. s. w. hergestellt worden sind. Was zunächst die Chloragnesia anlangt, so entsteht dieselbe beim Einleiten von Chlor in Magnesiamilch (Gemisch von Magnesia und Wasser). Aber selbst bei 0° wird mehr als die Hälfte des Chlors nicht zur Hypochlorit-, sondern zur Chloratbildung verwendet: $6\text{MgO} + 6\text{Cl}_2 = \text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 + 5\text{MgCl}_2$. Auch die Hypochloritlösung ist sehr unbeständig und geht leicht in Chloratlösung über. Fällt man dagegen einen Chlorkalkauszug mit Magnesiumsulfat, so erhält man eine chloratfreie und sehr beständige Magnesiumhypochloritlösung. Eine Zinkhypochloritlösung ist viel weniger beständig, als ein Chlorkalkauszug. Durch Einleiten von Chlor in Thonerdehydrat unter Wasser entsteht kein Hypochlorit; wohl aber erhält man eine Thonerdebleichflüssigkeit, wenn man Chlorkalkaus-

1) Chem. Ind. 8. 1885 S. 337.

zug mit Aluminiumsulfat fällt. Diese Lösung, welche etwas freie unterchlorige Säure enthält, wurde von Wilson, später von Orioli als besonders wirksam empfohlen. Sie muß aber unbedingt im Dunkeln aufbewahrt werden, sonst zersetzt sie sich. Was die Bleichwirkung gleich starker Bleichflüssigkeiten anlangt, so wirken Chlorkalk und Chlormagnesia fast gleich langsam, Zinkhypochlorit und Thonerdebleichflüssigkeit wegen ihres Gehalts an HClO dagegen äußerst schnell. Man wird also gut thun, die Bleichwirkung durch Zugaben von Säuren, die HClO frei machen, zu verstärken.

Die Constitution des Chlorkalks ist nach Lunge durch die Formel $\text{Ca} \begin{array}{l} \text{Cl} \\ \text{OCl} \end{array}$ wiederzugeben (vergl. Jahrbuch 21.

1885 S. 296 u. f.). Der im festen Chlorkalk enthaltene Ueberschuß an Kalk ist wechselnd und unwesentlich; auch kann er bis auf einen kleinen Betrag entfernt werden. Dreyfus hat auf Grund seiner Beobachtungen über die Einwirkung von alkoholischem Ammoniak auf den Chlorkalk sich für die ältere Formel von Stahl Schmidt entschieden: $\text{Ca} \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{OCl} \end{array}$. Wie aber

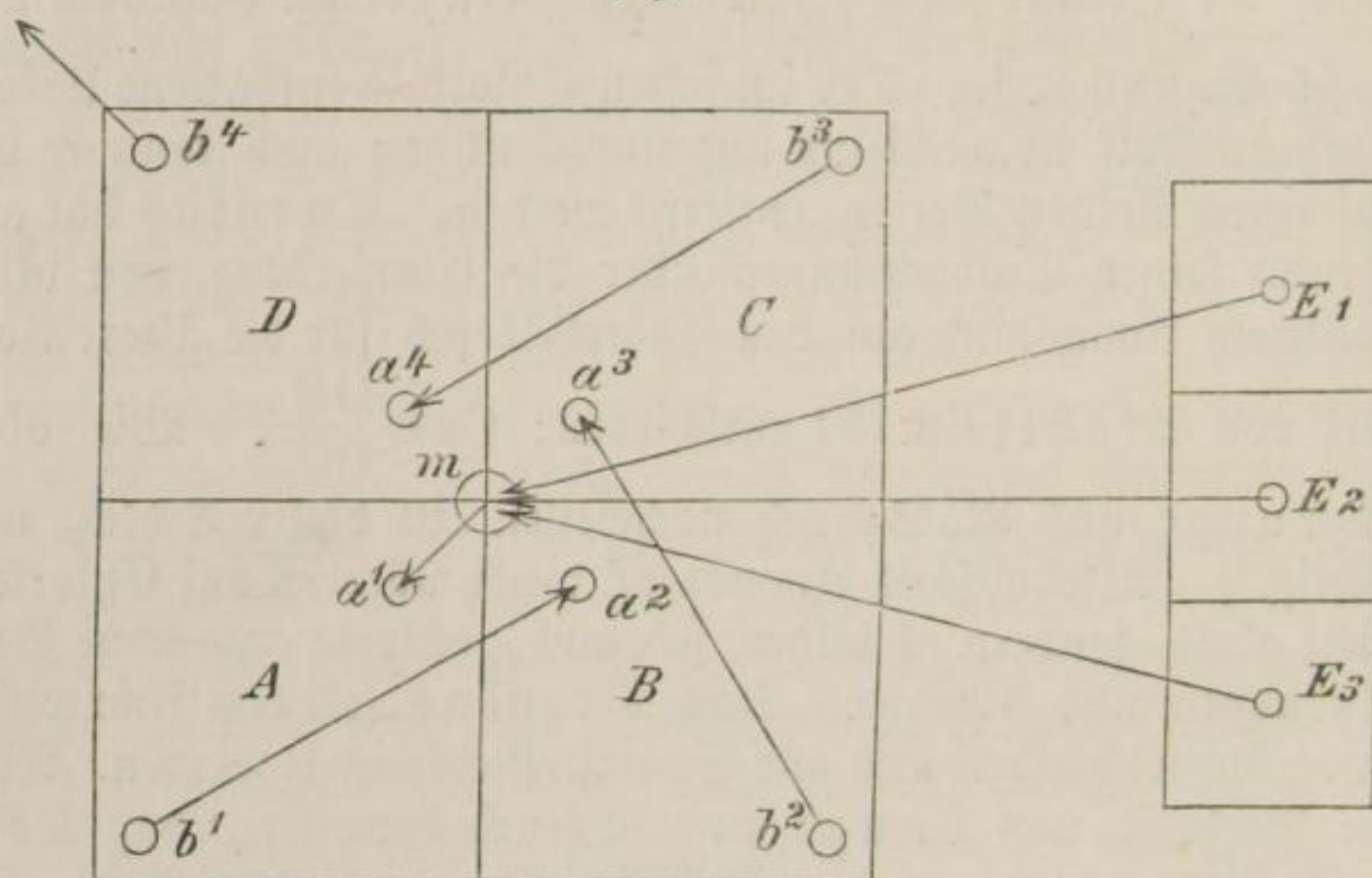
G. Lunge und R. Schöch nachweisen, ist dieser Schluß unrichtig.¹⁾ Alkoholisches Ammoniak wirkt nämlich auf Chlorkalk nicht glatt, sondern es bilden sich auch gechlorte organische Verbindungen und Aldehyd. Nach Dreyfus soll das Ammoniak unverändert bleiben und nur Sauerstoff entwickelt werden. Aber die Versuche von Lunge und Schöch beweisen, daß Kolb recht hatte, wenn er die Wechselwirkung zwischen Ammoniak und Chlorkalk wie folgt formulirte: $2\text{NH}_3 + 3\text{CaCl}(\text{OCl}) = 3\text{CaCl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$. Die geringen Mengen von Sauerstoff, die allerdings dem entwickelten Gase beigemischt waren, dürften von zurückgehaltener Luft herrühren. Es bleibt somit die Richtigkeit der Lunge'schen Chlorkalkformel bestehen. — Bemerkt sei, daß Kolb wegen der eben angeführten Reaction das Ammoniak als Antichlor empfohlen hat, d. h. als Mittel, um von der Faser zurückgehaltenen Chlorkalk unschädlich zu machen. Es empfiehlt sich hierfür, weil bei seiner Einwirkung keine freie Säure entsteht, wie z. B. bei Benutzung von

1) Berl. Ber. 20. 1887 S. 1474.

unterschwefligsaurem Natrium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Aber die Einwirkung des Ammoniaks ist in der Kälte sehr langsam. Will man also nicht mit ganz schwacher Ammoniaklösung kochen, so müßte man die 30fache Ammoniakmenge vom zurückgehaltenen Chlorkalk in der Kälte einige Stunden einwirken lassen. Das würde nicht zu theuer werden, weil diese Menge Chlorkalk nur sehr gering ist.

Ueber Chlorkalkherzeugung im Mehrkammer-system berichtet L. Zahne¹⁾ auf Grund der in der Gräfl. Parischen Sodafabrik zu Petrowitz in österreichisch Schlesien ge-

Fig. 23.



machten Erfahrungen. Solche Systeme haben den Vorzug, ohne Chlorverlust zu arbeiten, auch schneller hochgrädigen Chlorkalk zu liefern, als die gewöhnlichen einfachen Kammern. Einrichtung und Betrieb eines Vierkammersystems mit drei Chlorentwicklern ist aus der schematischen Darstellung in Fig. 23 ersichtlich. Die 4 Kammern A, B, C und D sind aus Blei hergestellt, die drei Chlorentwickler E^1 , E^2 und E^3 aus Sandstein. Das Chlor strömt in das Hauptrohr m und von hier in das Eintrittsrohr a' der Kammer A. Was hier nicht absorbiert wird, geht durch das Abströmungsrohr b^1 nach dem Einströ-

1) Dingl. p. J. 263. 1887 S. 387.

mungsröhr a^2 der Kammer B, und dann weiter von b^2 nach a^3 in C, von b^3 nach a^4 in D. Von b^4 aus wird abgesaugt. Ist der Chlorkalk in A von gewünschter Stärke, so wird die Verbindung ma^2 , $b^2 a^3$, $b^3 a^4$ hergestellt und nach einigen Stunden der Ruhe auch $b^1 a^4$, bis alles nicht absorbirte Gas aus A abgesaugt worden ist. Endlich wird noch von b^1 aus direct abgesaugt, ehe man diese Kammer entleert und frisch füllt. Inzwischen ist z. B. B fertig geworden, und der Betrieb erfolgt nun durch die drei Kammern C D A. Die Verbindung und Umschaltung der einzelnen Rohrleitungen erfolgt durch Aufsetzen von Bleiglocken über die betreffenden zwei Rohrenden; die Glocken tauchen in einen Teller mit einem dünnen Brei aus Leinöl und Thon. Jede Kammer besitzt Arbeitsthür, Oeffnung im Boden zum Ziehen des Chlorkalks, Oeffnung zum Probenehmen, Glocke zur Beobachtung der Gase und Thermometer. Die Leitungsröhre sind sämmtlich in Blei gefertigt. Auf 100 kg Chlorkalk von 100° wurden durchschnittlich 67 kg Braunstein (67—68 procentig) verbraucht, was für eine ohne Weldon'schen Regenerator arbeitende Anlage sehr günstig ist. Die beste Betriebsleitung ist die mit $1\frac{1}{2}$ fachem Normal-einsatz, so daß aller 24 Stunden eine Kammer fertig wird. — Die Handarbeit ist zur Zeit bei Herstellung des Chlorkalks noch am gebräuchlichsten, leidet aber an verschiedenen Uebelständen. Deshalb hat die chemische Fabrik Rhénania schon seit 1881 mechanische Betriebsvorrichtungen erprobt und wendet seit kurzem den Apparat von R. Hasenclever (D. R.-P. 56823) an.¹⁾ Der gelöste Kalk wird in unter sich verbundene Röhren gebracht, deren jede ein Rührwerk besitzt. Die Kalkzuführung geschieht oben, z. B. rechts oben; das Rührwerk befördert den Kalk durch die ganze oberste Röhre nach links, von wo er nach links oben der nächst tieferen Röhre fällt u. s. w. Das Chlorgas geht in umgekehrter Richtung dem Kalkhydrat entgegen. So wird der gelöste Kalk auf seinem Wege nach und nach von Chlor gesättigt und fällt schließlich aus der letzten Retorte sogleich in die zur Versendung bestimmten Fässer. Vier Röhren mit Rührwerk liefern täglich etwa 1000 kg Chlorkalk. Soll die bei der Absorption stattfindende Erhitzung nicht zu

1) Chem. Ind. 14. 1891 S. 193.

hoch steigen, so darf man die Rührwerke nicht fortgesetzt in Bewegung erhalten.

Ueber den Verlust an Chlor beim Lagern von Chlorkalk hat J. Pattinson folgende Angaben veröffentlicht.¹⁾ Der Chlorkalk befand sich in 300 kg-Fässern und lagerte 12 Monate bei Temperaturen von 3·5 bis 17°; es gingen hierbei 3·1 bis 3·2 % an wirksamem Chlor verloren, während der Chlorkalk Wasser und Kohlensäure aufgenommen hatte. Der Verlust an Gesamtklor betrug nicht ganz 1 %. Schon nach 4 Monaten war alles ursprünglich vorhandene Chlorat in Chlorid umgewandelt. Die Werthbestimmung des Chlorkalks kann man nach G. Lunge recht gut mit Hilfe von Wasserstoffsuperoxyd (H₂O₂) ausführen.²⁾ Unterchlorigsaure Salze geben mit diesem Reagens ihren eigenen activen Sauerstoff ab und zersetzen gleichzeitig das Wasserstoffsuperoxyd in Wasser und Sauerstoff, z. B. NaClO + H₂O₂ = NaCl + H₂O + O₂. Man erhält also stets die doppelte Menge Sauerstoff von derjenigen, welche der nicht im Ueberschusse befindliche von beiden aufeinander wirkenden Stoffen als activen Sauerstoff enthielt. Man kann den Chlorkalk von unbekanntem mit Wasserstoffsuperoxyd von bekanntem Gehalte (und umgekehrt) analysiren. Es bildet für Chlorkalkbestimmungen der entwickelte Sauerstoff das directe Maß für das active Chlor; jeder cem Sauerstoff entspricht 1cem Chlor oder 1·632 Gewichtsprocenten Cl. Als zur Messung des Sauerstoffs geeigneter Apparat ist das Ureometer von Lunge zu empfehlen.

Chlorsuperoxyd. — Mit dem Namen Chlorperoxyd, auch Chlortetroxyd oder Unterchlorsäure bezeichnet man die 1815 von Davy entdeckte Verbindung ClO₂, welche ein schweres dunkelgelbbraunes Gas bildet. Nach G. Schacht und E. Fürst (1881) siedet die Unterchlorsäure bei 9·9° C (Druck 730·9 mm) und läßt sich unzersezt destilliren; freilich zersezt sie sich explosionsartig, wenn sie mit organischen Stoffen in Berührung kommt. Die Verbindung ist im gasförmigen Zustande ungesättigt, weshalb sie das Bestreben hat, entweder Additionen einzugehen oder zu zerfallen.

1) Dingl. p. J. 263. 1887 S. 439.

2) Berl. Ber. 19. 1886 S. 868.

Im letzteren Falle wirkt sie energisch oxydirend. Durch übermangansaures Kalium wird sie zu Chlorsäure oxydirt. In Wasser löst sich das Gas leicht zu einer tief gelben Flüssigkeit. Dieselbe zersetzt sich nach *C o h n* schon im Dunkeln zu Chlorsäure und Ueberchlorsäure, nach *Millon* im Sonnenlichte zu Chlorsäure unter Entwicklung geringer Mengen von Chlor und Sauerstoff. Nach *A. Popper* ¹⁾ verläuft die Hauptzersehung nach der Gleichung $3 \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2 \text{HClO}_3 + \text{O} + \text{Cl}$. Nebenher bilden sich noch kleine Mengen Ueberchlorsäure: $\text{HClO}_3 + \text{O} = \text{HClO}_4$. Im geschlossenen Gefäße endlich kommt noch die Einwirkung des Chlors auf das Wasser zur Geltung, so daß Salzsäure entsteht und die Gleichung dann lautet: $18 \text{ClO}_2 + 9 \text{H}_2\text{O} = 13 \text{HClO}_3 + 3 \text{O}_2 + 5 \text{HCl}$.

Chlorsaure Salze.—Die gewöhnliche Darstellungsweise des Kaliumchlorats geht bekanntlich von der Umwandlung des Calciumhypochlorits in Calciumchlorat aus. Ueber den Verlauf dieser Reaction haben *Lunge* und *Landolt* (am schon angeführten Orte) einige Beobachtungen von Wichtigkeit gemacht. Die Arbeit beginnt mit dem Sättigen von Kalkmilch durch Chlor, wobei zunächst Chlorkalk entsteht. Erst bei fortgesetztem Einleiten von Chlor und steigender Temperatur entsteht chlorsaures Calcium, für welche Umsetzung man in der Regel die Gleichung $6 \text{CaO}(\text{OCl}) = 5 \text{CaCl}_2 + \text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ aufstellt. So verläuft die Reaction auch, wenn ein bedeutender Chlorüberschuß vorhanden ist; andernfalls, und namentlich bei bloßem Erhitzen, entweicht Sauerstoff, so daß die Arbeit sehr ungünstige Ergebnisse liefert. Wahrscheinlich finden folgende Umsetzungen statt: (1) $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + 2 \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{CaCl}_2 + 4 \text{HClO}$; (2) $2 \text{Ca}(\text{OCl})_2 + 4 \text{HClO} = \text{CaCl}_2 + \text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 + 2 \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$. Das frei werdende Chlor dient nur als Sauerstoffüberträger von 2 Mol. Hypochlorit auf ein drittes; das zuerst eingeführte Chlor tritt am Ende des Processes wieder vollständig aus. Die Reactionswärme, welche sich bei der Umwandlung von Chlorkalk in Chlorat herausbildet, genügt zur Fortführung des Processes. Die Umwandlung des Calcium- in das Kaliumchlorat erfolgt bekanntlich schließlich durch Zugabe von Chlorkalium und Concentriren bis zur Krystallisation.

1) Lieb. Ann. 227. 1885 S. 161.

Zur Anilinschwarzfärberei braucht man größere Mengen von Natriumchlorat, welche möglichst billig hergestellt werden müssen. Der bekannte Industrielle P é c h i n e y in Salindres (Südfrankreich)¹⁾ macht nun von der Eigenthümlichkeit des Natriumchlorats, in der Hitze sehr viel löslicher zu sein als in der Kälte, des Chlornatriums, bei allen Temperaturen fast gleiche Löslichkeit zu besitzen, Gebrauch. Die Arbeit beginnt mit der Herstellung einer Chlorkalklösung und Ueberführung derselben in eine Lösung von chlorsaurem Calcium und Chlorcalcium. Letztere Lösung wird auf 48° B concentrirt und nun auf 12—10° C (nicht darunter) abgekühlt. Es krystallisirt Chlorcalcium ($\text{CaCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$) aus. Die Krystalle werden in Centrifugen von der Mutterlauge befreit. Letztere enthält noch Chlorcalcium, aber nur noch einen geringen Betrag. Man verdünnt mit dem gleichen Volumen Wasser und gibt eine genau gewogene Menge Kalk zu, worauf man auf 80° erhitzt. Jetzt entsteht unlösliches basisches Calciumchlorid (Ca_2OCl_2). Nach dem Abkühlen und Ausschleudern hat man fast nur noch chlorsaures Calcium in Lösung und setzt nunmehr Natriumsulfat zu, wenn NaClO_3 , dagegen Chlorkalium, wenn KClO_3 gewonnen werden soll. Des sehr geringen Chlorcalciumgehalts wegen ist der Ertrag an KClO_3 95%, während man sonst nur 75% erhält. Die Gesamtreaction ist durch folgende Gleichung wiederzugeben: $2\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 + 11\text{CaCl}_2 + 13\text{Na}_2\text{SO}_4 = 4\text{NaClO}_3 + 22\text{NaCl} + 13\text{CaSO}_4$. Aber durch die Concentration auf 48° B werden 8.6 Mol., durch Zugabe von 7.2 Mol. CaO weitere 8 Mol. Chlorcalcium beseitigt, so daß schließlich nur noch 0.6 Moleküle davon in Lösung sind und also die wirklich nöthigen Natriumsulfatmengen aus folgender Gleichung sich ergeben: $2\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 + 0.6\text{CaCl}_2 + 2.6\text{Na}_2\text{SO}_4 = 4\text{NaClO}_3 + 1.2\text{NaCl} + 2.6\text{CaSO}_4$. — Die Reindarstellung von chlorsaurem Natrium soll nach F. M u c k erfolgen, indem man heiße Natronlauge oder Soda-lösung mit Chlor sättigt und dann eindampft, den Rückstand aber mit heißer gesättigter Kochsalzlösung in Berührung bringt. Hierbei soll sich nur chlorsaures Natrium lösen und beim Erkalten kochsalzfrei auskrystallisiren (D. R.-P. 25785)²⁾.

1) Dingl. p. J. 246. 1883. S. 422.

2) Chem. Ind. 7. 1884 S. 88.

Die Darstellung von chlorsaurem Kalium mit Hilfe von Magnesia wurde im Sept. 1883 an E. A. Muspratt und G. Eschelman patentirt (D. R.-P. 26698)¹⁾. Sie beruht in ihren Grundzügen auf Umsetzung zwischen chlorsaurem Magnesium und Chlorkalium. Magnesiamilch wird mit Chlor gesättigt und erhitzt; es entsteht eine Lösung von Chlormagnesium und chlorsaurem Magnesium, zu welcher man Chlorkalium hinzufügt. Man concentrirt dann, bis Chlorkalium auskrystallisirt. Die Mutterlauge wird eingedampft und der Rückstand erhitzt, wobei Magnesia und Chlormagnesium erhalten werden:

(1) $6 \text{MgO} + 6 \text{Cl}_2 = 5 \text{MgCl}_2 + \text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$; (2) $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 + 2 \text{KCl} = \text{MgCl}_2 + 2 \text{KClO}_3$; (3) $2 \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}_2\text{OCl}_2 + 2 \text{HCl}$; $\text{Mg}_2\text{OCl}_2 = \text{MgO} + \text{MgCl}_2$. Neuerdings verwenden die Erfinder statt der in Wasser aufgeschwemmten Magnesia ein Magnesiumhydroxyd, welches sie durch Mischen von Magnesia oder Magnesiumoxychlorid mit einer wässrigen Lösung von Chlormagnesium oder Chlorcalcium und Erhitzung des Gemisches auf 80°C erhalten wollen. Aus der wässrigen Mischung setzt sich das Magnesiumhydroxyd ab, wird gewaschen und ist zur Chlorabsorption fertig (Engl. P. 2786 v. 16. II. 1889). Péchiney in Salindres benutzt eine Magnesiamilch mit 50—100 g Magnesia im Liter und sättigt sie mit Chlor, was allerdings etwas langsamer geht, als bei Kalkmilch. Die geklärte Lösung besitzt $20\text{—}24^\circ \text{B}$ und wird bis 48°B concentrirt. Es krystallisirt die Hauptmasse des Chlormagnesiums aus. Die abgeschleuderte Chloratlösung wird mit Magnesia versetzt, wodurch unlösliches Magnesiumoxychlorid zur Abscheidung gelangt. Die geklärte Chloratlauge wird mit Chlorkalium im Ueberschusse von 5—10 % versetzt und auf 39° concentrirt; das chlorsaure Kalium krystallisirt aus. Das Chlormagnesium, welches als auskrystallisirte Masse und als Abdampfrückstand der Mutterlaugen erhalten wurde, geht in die Chlorfabrikation zurück, während beim Kalkverfahren (vergl. S. 245) $\frac{5}{6}$ des Chlors als Chlorcalcium verloren gingen. W. Weldon stellt einerseits zur Aufarbeitung von Sodarückständen, andererseits um ein Rohmaterial für die Chloratfabrikation zu gewinnen, ein Magnesiumhydroxyd her,

1) Chem. Ind. 7. 1884 S. 125. — Chemik. Ztg. 14. 1890 S. 945. — 12. 1888. S. 1591.

indem er das Calciumhydrogensulfid von Sodarückständen auf Chlormagnesium einwirken läßt: $\text{Ca}(\text{SH})_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{MgCl}_2 = \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{S}$. Der entwickelte Schwefelwasserstoff wird wie gewöhnlich verwerthet; das Chlormagnesium des Chloratprocesses dient zu erneuter Aufarbeitung von Sodarückständen (Engl. P. 98 v. 8. I. 83)¹⁾.

Eine Kritik des Magnesiumverfahrens lieferte E. L. Higgins²⁾. Er hebt zunächst hervor, daß Magnesit (MgCO_3) sich viel leichter brennen läßt als Kalkstein, daher die Gefahr eines Ueberbrennens der Magnesia sehr groß ist. Solche zu stark gebrannte Magnesia nimmt aber kein Chlor auf. Weiter ist auch bei guter Magnesia, welche aufs feinste im Wasser vertheilt ist, die Chlorabsorption viel langsamer, als bei Kalk. Andererseits wandelt sich Magnesiumhypochlorit schon bei gewöhnlicher Temperatur in Magnesiumchlorat um; auch entstehen etwa 7 % Chlorid weniger als bei Kalk, was ein großer Vorzug ist. Die Magnesiumchloratlauge soll man soweit concentriren, daß etwa 50 % des Chlormagnesiums als $\text{MgCl}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ auskrystallisiren. Bei weiterer Concentration würde sich das Magnesiumchlorid als feste Abscheidung am Gefäße ansetzen und nur schwer entfernt werden können. Der Zusatz von Chlorkalium muß möglichst im theoretischen Betrage (1 : 2·8) erfolgen, da bei zu geringem Zusatz Chlorat verloren geht, bei zu großem aber mit dem Kaliumchlorat sich Carnallit ($\text{KCl}, \text{MgCl}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$) ausscheidet. Das Kaliumchlorat ist in Chlormagnesiumlösung sehr viel weniger löslich, als in Chlorcalciumlauge, daher man es viel vollständiger und reiner erhält, als bei dem Kalkverfahren. Die Mutterlauge, ihrer Menge nach unbedeutender als beim Kalkverfahren, enthält durchschnittlich 19 g Chlorat im Liter, beim Kalkverfahren dagegen 30 %. Aus der Mutterlauge gewinnt man Chlormagnesium zurück. Die hohe Chloratausbeute ist der große Vorzug des Magnesiumverfahrens, ein Uebelstand aber das Nebenprodukt Chlormagnesium, welches nicht überall verkäuflich ist.

Die elektrolytische Darstellung von Kaliumchlorat wollen H. Gall und A. de Montlaur in der

1) Chem. Ind. 7. 1884 S. 88.

2) Dingl. p. 3. 266. 1887 S. 91.

Weise ausführen, daß sie eine Chloridlösung in einer Zelle mit poröser Zwischenwand zersetzen. Die Lösung der Base aus der negativen Zelle kann frei in die positive Zelle gelangen und die Bildung des Chlorats sich hier nach der Gleichung $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} = \text{KClO}_3 + 5\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$ vollziehen (Engl. P. 4686 v. 29. III. 87) ¹⁾. Nur schade, daß schon einige Jahre früher A. Lidoff und B. Tichomiroff die Unausführbarkeit des Verfahrens bewiesen haben. Bei der Elektrolyse der Alkalichloride entsteht nämlich anfangs Hypochlorit, dann bei erhöhter Temperatur Chlorat. Aber das Chlorat wird durch den Strom schließlich selbst zerlegt: in Chlorid und activen Sauerstoff bei Kohlenelektroden, in überchlorsaures Kalium und Ozon bei Platinpolen.

Zu den schon im 26. Bd. dies. Jahrb. (S. 244) erwähnten Untersuchungen über die Vorgänge bei Zersetzung des Kaliumchlorats durch Hitze liegen drei weitere Mittheilungen vor ²⁾. W. R. Hodgkinson und F. R. S. Lowndes beobachteten, daß beim Erhitzen eines Gemisches von Braunstein und chlorsaurem Kalium, wie man es zur Sauerstoffdarstellung verwendet, nur ausnahmsweise Mangansuperoxyd und Chlorkalium allein hinterbleiben, nämlich dann, wenn man nach dem Austreiben von allem Sauerstoff noch einige Zeit weiter erhitzt. Sonst entstehen stets auch niedrigere Manganoxyde und eine Spur von Manganat. — W. Spring und E. Prost bemerkten, daß die Metallchlorate, rein oder technisch rein, beim Erhitzen stets gewisse Mengen Chlor neben dem Sauerstoff liefern. Und zwar ist die Menge des Chlors um so größer, je schwächer die Base des Chlorats war; ganz besonders hoch aber, wenn ein Säureanhydrid (wie SiO_2 , P_2O_5 , CO_2) zugegen ist, das mit der Base Salz bilden kann. Auch sehr schnelles Erhitzen befördert die Chlorentbindung. Wahrscheinlich verläuft der Proceß in zwei Phasen: (1) $2\text{M}^{\text{I}}\text{ClO}_3 = \text{M}_2\text{O} + \text{Cl}_2 + 5\text{O}$; (2) $\text{M}_2\text{O} + \text{Cl}_2 = 2\text{MCl} + \text{O}$. Wird aber das Chlor durch die Festigkeit der Reaction weggeführt oder die frei gemachte Base durch ein Säureanhydrid gebunden, so bleibt

1) Chemif. Ztg. 12. 1888 S. 1082. — Chem. Centralbl. (3) 14. 1883 S. 21.

2) Chem. News 59. 1889 p. 63. — Bull. Soc. Chim. (3) 1. 1889 p. 340. — Chem. Centralbl. 61. 1. 1890 S. 665.

der Proceß unbeeendet. Ist die Base sehr stark, so kann sich auch Cl_2O_5 vor der Zerlegung in $\text{Cl}_2 + 5\text{O}$ zu Cl_2O_7 oxydiren. — G. J. Fowler und Grant stellten den Einfluß verschiedener Oxyde auf die Zersetzung von Kaliumchlorat fest und ermittelten die Temperatur, bei welcher das Gemisch dieser Oxyde mit KClO_3 Sauerstoff zu entwickeln begann, ferner die Menge des frei werdenden Chlors und die Zusammensetzung des Rückstands. Saure Oxyde wie V_2O_5 , WO_3 und U_3O_8 geben bei niedriger Temperatur Sauerstoffentwicklung, aber auch Chlortribindung, z. B. $4\text{KClO}_3 + 2\text{V}_2\text{O}_5 = 2(\text{K}_2\text{O}, \text{V}_2\text{O}_5) + 2\text{Cl}_2 + 5\text{O}_2$. Ähnlich wirken Thonerde, Chromoxyd, Eisen-, Kupfer- und Mangansuperoxyd; die letztgenannten drei machen nur wenig Chlor frei und bleiben unverändert im Rückstand, während die Reaction mit Chromoxyd durch die Gleichung $8\text{KClO}_3 + 2\text{Cr}_2\text{O}_3 = 4\text{K}_2\text{CrO}_4 + 5\text{Cl}_2 + 7\text{O}_2$ wiederzugeben ist. Kalk, Baryt und Bleioxyd beschleunigen die Sauerstoffentwicklung nicht; beim Erhitzen mit den Superoxyden entsteht Kaliumperchlorat, ohne daß Sauerstoff frei würde. Die physikalische Beschaffenheit der Oxyde ist mitunter von hoher Bedeutung; so ist z. B. auf trockenem Wege bereitetes Kupferoxyd wirkungslos. Andererseits wirken Stoffe wie Glaspulver, Kaolin, Sand u. s. w. bei der Reaction begünstigend.

Ueber die physiologische Wirkung von chloresäurem Kalium¹⁾ sind begreiflicher Weise viele Untersuchungen ausgeführt worden, da dieses Salz ja eine beträchtliche medicinische Anwendung findet. Nach E. Bischoff wäre es als Gift zu bezeichnen; es werden 4 Todesfälle besprochen, die zweifellos auf den Gebrauch von Kaliumchlorat bei Erkrankung an Diphtheritis und ähnlichen Halsleiden hin eintraten. J. v. Mering schiebt die Ursache des Todes durch Kaliumchlorat darauf, daß dieses Salz das Hämoglobin des Blutes in Methämoglobin verwandelt, also zur Sauerstoffaufnahme im Athmungsproceß ungeeignet macht. Die gleiche Erscheinung ruft auch freie Chloresäure hervor. Diese Thatsachen bestätigt auch J. Marchand, während J. Cahn die Umwandlung von Hämoglobin durch chloresäures Kalium in Methämoglobin nicht bei allen Versuchsthieren

1) Berl. Ber. 16. 1883 S. 1343. — Chem. Centralbl. (3) 16. 1885. S. 249. — 19. 1888 S. 472. 473. — Chemik. Ztg. 13. 1889. Rep. S. 242.

feststellen konnte. Während z. B. Hunde gegen das Salz sehr empfindlich waren, reagirten Kaninchen viel weniger. Wie A. Falk nachwies, liegt dies an dem Wasserreichthum des Kaninchenbluts, während dasselbe an Globulin und Gallenstoffen arm ist.

Ueberchlorsaures Natrium. — Dieses Salz bildet nach A. Potiligin¹⁾, wenn es bei gewöhnlicher Temperatur auskrystallisirt, speersförmige Täfelchen $\text{NaClO}_4 + \text{H}_2\text{O}$, dagegen über 50° lange rechtwinklige Prismen des wasserfreien Salzes. Das mit Wasser krystallisirte Natriumhyperchlorat wird über Schwefelsäure und durch Erwärmen auf $45 - 50^\circ$ entwässert. Das Salz ist im Wasser leicht löslich und bildet übersättigte Lösungen von eigenthümlichen Eigenschaften.

Brom.

Der Bromgehalt des Meerwassers ist nach E. Berglund bisher stets zu hoch angegeben worden.²⁾ Dies, wie die großen Schwankungen in den früheren Bestimmungen erklären sich aus der Anwendung ungenauer analytischer Methoden. Berglund hat daher nach vervollkommenem und sicherem Verfahren das Wasser aus verschiedenen Meeren einer erneuten Prüfung auf den Bromgehalt unterzogen und hierbei gefunden, daß 1 Lit. Meerwasser durchschnittlich an 18,87 Gr. Chlor und auf 100 Gr. Chlor 339 Milligr. Brom enthält; dies entspricht einem Gehalte des Liters Meerwasser an Brom von 0,064 Gr. Eine Ausnahmestellung nimmt das Wasser der Ostsee ein, welches im Liter nur 5,38 Gr. Chlor und auf 100 Gr. Chlor nur 316 Milligr. Brom enthält.

Die Darstellung des Broms soll nach G. Nahtsen durch Elektrolyse von Bromiden oder Bromwasserstoffsäure ermöglicht werden (D. R.-P. 53395 v. 2. X. 89), wobei indessen die Temperatur nicht über $+7^\circ$, vortheilhaft 0° , sein soll. Hierdurch wird die Einwirkung des frei gemachten Broms auf das Wasser und die Bildung von Bromwasserstoff oder Bromoxyden vermieden. H. H. Wing will dagegen die bromhaltigen Mutterlaugensalze (aus Soole oder Seewasser) mit Kieselsäure oder Silicaten vermischt erhitzen, wobei Chlor, Brom und Jod

1) Chem. Centralbl. 61. 1. 1890 S. 570.

2) Berl. Ber. 18. 1885 S. 2888.

entweichen (Am. P. 447926 v. 10. III. 91). Das Jod verdichtet sich, während Chlor und Brom in Mutterlaugen aufgefangen werden. Hierbei wird durch das Chlor das Brom und Jod der Mutterlaugen frei gemacht, worauf man diese beiden Halogene in gewöhnlicher Weise abtreibt und auffängt.¹⁾

Ueber die physikalischen Eigenschaften des Broms²⁾ liegen die folgenden Angaben vor. Nach J. D. v. d. Plaats hat reines Brom bei 0° die Dichte 3.1875, schmilzt bei 7.30 und siedet unter Normaldruck bei 63.05°. Die kritische Temperatur des Broms bestimmte A. Nadjedin zu 302.2°.

Das Molekulargewicht des Broms haben E. Paternò und R. Masini auf Grund des Raoult'schen Gesetzes über die Erniedrigung des Gefrierpunktes und der Dampfspannung von Lösungen bestimmt und der Formel Br₂ entsprechend, also zu 159.52 gefunden.³⁾

Von chemischen Eigenschaften des Broms sei die Verdrängung des Chlors durch Brom hervorgehoben, über welche A. Potiligin und weiter T. S. Humpidge Mittheilungen veröffentlicht haben.⁴⁾ Die Verdrängung des Chlors aus seinen Verbindungen durch Brom ist auf Grund der Regel vom Maximum der Arbeit nicht vorauszusehen, da bei Vereinigung mit Metallen das Chlor mehr Wärme frei werden läßt, als das Brom. Die Arbeit der Umwandlung des Chlorids in ein Bromid vollzieht sich also auf Grund der von außen zugeführten Wärme und scheint erst von 100° ab zu erfolgen. Sie gehorcht alsdann nach Potiligin einem einfachen Gesetze: die Menge des durch Brom verdrängten Chlors ist dem Atomgewichte der Metalle direct und dem Quadrate ihrer Werthigkeit umgekehrt proportional. Dies kann man durch die

Gleichung: $\text{Constante} = \frac{A}{BE^2}$ ausdrücken, worin A das Atomgewicht des Metalls, B die Menge des verdrängten Chlors und E die Werthigkeit des Metalls bezeichnet, z. B. (1) 0.5605 g

1) Chemif. Ztg. 14. 1890 S. 1355. — 15. 1891 S. 446.

2) Chem. Centralbl. (3) 17. 1886 S. 567. — Weibl. Ann. Phys. Chem. 9. 1885 S. 721.

3) Berl. Ber. 21. 1888 S. 2153.

4) Ebenda 17. 1884. S. 1308. 1838.

$$\text{CoCl}_2 + 0.6898 \text{ g Br}; B = 3.57, \text{ also Constante} = \frac{58.74}{3.57.2^2}$$

$$= 4.113. \text{ — (2) } 0.4755 \text{ g CoCl}_2 + 0.5852; B = x, \text{ also}$$

$$4.113 = \frac{58.74}{x^2} = 3.57 \text{ (gefunden } 3.75). \text{ Humpidge hat}$$

festgestellt, daß aus Chlor Silber das Brom schon bei gewöhnlicher Temperatur Chlor verdrängt, und zwar im wachsenden Betrage mit der Vermehrung von Einwirkungsdauer und Temperatur. Wie diese Thatsache mit den thermochemischen Gesetzen in Einklang zu bringen sei, ist nicht festgestellt.

Die Verwendung des Broms in Form von „Bromstangen“ ist seiner Zeit von A. Frank empfohlen worden (vgl. Jahrb. 21. 1885 S. 308), und zwar hauptsächlich zu Desinfectionszwecken. Man frittet Stangen aus Kieselguhr mit nicht ganz 1% Kalk oder Alkali nach Art der Dinasteine zusammen und tränkt sie mit flüssigem Brom. Es kommen 2 Sorten in den Handel, solche von 7 und von 15 mm Durchmesser, welche im Centimeter Länge 1 g, bezüglich 3 g Brom enthalten. Beim Erwärmen oder Uebergießen mit Lösungsmitteln kann man das Brom den Stangen entziehen. Nach A. Brand¹⁾ sind die Bromstangen zur Aufschließung von Arsen- und Antimonverbindungen für analytische Zwecke sehr geeignet. Man schiebt in ein Rohr erst das Schiffchen mit der feinst gepulverten Substanz, dann einige Stücke Bromstangen ein und verschließt das Rohr an der Einfüllöffnung luftdicht, während man die andre Oeffnung mit Absorptionsapparaten verbindet. Nunmehr erhitzt man die Bromstangen, bis die entstehenden Bromdämpfe alle Luft verdrängt haben, und endlich das Schiffchen selbst. Schwefel, Antimon, Arsen und Quecksilber verflüchtigen sich quantitativ als Bromide, während Eisen und Zink nur zu einem kleinen Theile verflüchtigt, Silber, Kupfer, Blei, Nickel und Kobalt dagegen vollständig in nicht flüchtiges Bromid verwandelt werden. Die Methode ist einfacher und bequemer als der Chlorausschluß.

Bromwasserstoff. — Zur Darstellung von Bromwasserstoff kann man sich verschiedener Methoden bedienen, nämlich 1. der directen Vereinigung von Brom und Wasserstoff,

1) Fresenius Zeitschr. 26. 1887 S. 222.

2. der Zersetzung von Brommetalloidverbindungen, namentlich des Bromphosphors, durch Wasser, 3. der Zersetzung von Wasserstoffverbindungen durch Brom, 4. der Zersetzung von Metallbromiden durch Säuren. Jede dieser Methoden hat in neuerer Zeit mehrfache Anwendung und Ausbildung erfahren. Beginnen wir mit der ersten, so ist zunächst einer Vorschrift von B. Merz und E. Holzmann zu gedenken¹⁾. Danach soll man einen sehr schnellen Wasserstoffstrom mit viel Bromdampf mischen und das Gemisch durch eine im Verbrennungssofen liegende, kurze, glühende Glasröhre leiten. Der aus der Röhre austretende Gasstrom mischt sich in einer dreifach tubulirten Woulf'schen Flasche abermals mit Wasserstoff, geht durch ein zweites glühendes Glasrohr und schließlich in kalt gehaltenes Wasser, in welchem der Bromwasserstoff sich auflöst. Die beiden Röhren werden vortheilhaft mit Holzkohle beschickt; die Zuführungsröhre müssen in diesem Falle ein paar Centimeter in die Röhren hineinragen. Die Vereinigung von Brom und Wasserstoff erfolgt übrigens im leeren Rohre mit Flamme, falls dieses Rohr kugelförmige Erweiterungen besitzt. Ebenso brennt eine Wasserstoffflamme im Bromdampf ruhig weiter. G. S. Newth vermeidet die Anordnung von glühenden Röhren, läßt vielmehr überschüssigen Wasserstoff durch auf 60° erwärmtes Brom und von hier aus in eine Glasröhre von 18 cm Länge und 1.6 cm Weite eintreten, in der sich zwischen Gasein- und -austrittsröhre eine durch den elektrischen Strom hellrothglühend gemachte Platinspirale befindet. An diesem glühenden Platindraht vereinigen sich Brom und Wasserstoff vollständig zu HBr, oft unter Flammenercheinung. Das am andern Röhrenende austretende, aus HBr und überschüssigem H bestehende Gas wird durch Absorptionsflaschen mit Wasser geleitet.²⁾ — Die zweite Methode beruht auf der Zersetzung von Bromphosphor durch Wasser: $PBr_3 + 3 H_2O = H_3PO_3 + 3 HBr$. Nach J. D. v. d. Plaats (vergl. S. 252) führt man diese Umsetzung am besten in folgender Weise aus. Rother Phosphor wird so lange mit Wasser ausgewaschen, bis er halogenfrei geworden ist. Dann kühlt man das Gefäß mit

1) Berl. Ber. 22. 1889 S. 867.

2) Chem. News 64. 1891 p. 215.

dem Phosphor durch Eis und läßt einen Ueberschuß von Brom zutropfen, den man dann mit wenig Phosphor wieder weg-schafft. Nach dem Absitzen decantirt man die Flüssigkeit in eine Retorte und destillirt aus dem Sandbade ab, wobei Ueber-hitzung zu vermeiden ist; auch sind Kork- und Kautschukver-bindungen auszuschließen. Die Dämpfe werden durch starke Kühlung verdichtet und bilden eine höchst concentrirte Brom-wasserstoffsäure, welche farblos ist und auch im Lichte sich nur dann färbt, wenn Spuren von Jodsäure vorhanden waren. M. Fileti und F. Crosta wollen dagegen auf einen Brei aus 1 Thl. rothem Phosphor, 2 Thl. Wasser und genügenden Mengen Sand 10 Thl. Brom tropfen lassen, die Dämpfe aber durch Asbest streichen lassen, welcher innig mit rothem Pho-sphor gemischt und mit Bromwasserstoffsäure angefeuchtet ist.¹⁾ — Es sind auch Vorschläge gemacht worden, welche darauf hinausgehen, durch Wechselwirkung zwischen Wasserstoffverbin-dungen, (wie H_2S , HJ , NH_3 , C_6H_6 u. s. w.) und Brom den Bromwasserstoff zu gewinnen. Zu nennen ist zuerst die schon 1876 durch A. Neumann und neuerdings von A. Recoura empfohlene Zersetzung des Schwefelwasserstoffs durch Brom: $H_2S + Br_2 = 2 HBr + S$. Man läßt einen Schwefelwasser-stoffstrom durch eine enge und hohe Flasche mit Brom streichen, welches mit wässriger Bromwasserstoffsäure überschichtet ist. Das austretende Gas geht durch eine Waschflasche mit einer Lösung von KBr oder HBr , in der etwas rother Phosphor suspen-dirt ist. Etwa mitgerissenes Brom wird hier zurückgehalten, und reiner Bromwasserstoff entweicht.²⁾ Willgerodt gibt in eine Woulff'sche Flasche bis zur Hälfte Benzol oder To-luol, schüttet ein wenig Eisenfeile ein und läßt nun aus einem Tropftrichter Brom zufließen. Die sich entwickelnden Gase leitet man in eine zweite Flasche, welche Paraffinstücke oder Naphthalin enthält; hier werden mitgerissene organische Stoffe zurückgehalten, während reiner Bromwasserstoff entweicht. Mi-chaelis läßt Brom auf feingepulverte Stein- oder Braun-kohle fließen, auch bei Gegenwart von Wasser, und erhält hierbei eine Bromwasserstoffentwicklung. Der Rückstand bildet

1) Chemik. Ztg. 15. 1891 Rep. S. 101.

2) Ebenda 14. 1890 S. 655. — Comptes rendus 110. 1890 p. 784.

eine harzige Masse, die Bromkohle, welche im trocknen Zustande gewöhnlicher magerer Kohle gleicht und beim Erhitzen auf 180° beginnt Bromwasserstoff zu entwickeln. Bei dunkler Rothgluth liefert sie einen sehr gleichmäßigen Bromwasserstoffstrom.¹⁾ — Endlich ist der Methoden zu gedenken, bei welchen Metallbromide durch Säuren zerlegt werden sollen. Nach einem Ungenannten²⁾ soll man reine officinelle Bromwasserstoffsäure am besten durch Destillation von Bromkalium mit Schwefelsäure unter Zugabe einer kleinen Menge von rothem Phosphor erhalten. Die anzuwendenden Gewichtsmengen sind: 60 Thl. KBr, 50 Thl. H_2SO_4 , 25 Thl. H_2O und 2 Thl. P. Hat sich schweflige Säure gebildet, so gibt man zum Filtrate etwas Brom und fällt die entstandene Schwefelsäure mit Baryumcarbonat. Man decantirt und rectificirt, wobei eine reine 24procentige Säure übergeht. W. Feit und R. Rubierschky³⁾ geben folgendes Verfahren an: Grob gepulvertes Bromkalium (100 Gr.) werden mit Schwefelsäure von $D = 1.41$ (150 cem) übergossen, worauf man unter Umschütteln bis zur Lösung des Salzes erwärmt und dann abdestillirt. Das Sieden beginnt bei 126° ; man läßt den Siedepunkt bis 150° steigen und unterbricht alsdann, um das mechanische Uebergehen von Schwefelsäure zu vermeiden. Die Concentration des Filtrats (gleichzeitig auch Reinigung von H_2SO_4) geschieht durch Fractionirung. Der bei 126° übergehende Antheil ist reine Säure mit 48% HBr und $D = 1.49$. A. Sommer⁴⁾ endlich will Zinkbromid durch Schwefelsäure zerlegen. Man löst Zink in Bromwasser, welches ungelöstes Brom enthält und dampft die Lösung schnell ein. 225 Gwthl. Zinkbromid werden mit einem Gemisch aus 180 Thl. Wasser und 196 Thl. Schwefelsäure (wasserfrei) aus einer Retorte destillirt: $ZnBr_2 + 2 H_2SO_4 + 10 H_2O = H_2SO_4 + ZnSO_4 + 2 (HBr, 5 H_2O)$. Es entsteht also das beständige Bromwasserstoffhydrat, welches nur noch durch Baryumcarbonat von der Schwefelsäure zu befreien und zu rectificiren ist.

Sauerstoffsäuren des Broms. — Läßt man Aetznatron

1) Chemif. Ztg. 13. 1889 S. 1304. — 14. 1890 S. 527.

2) Chem. Centralbl. (3) 18. 1887 S. 417.

3) Chemif. Ztg. 15. 1891 S. 444.

4) Chem. Centralbl. 15. 1884 S. 639.

auf Brom einwirken, so findet nach A. S. Allen¹⁾ zunächst die folgende Umsetzung statt: $2\text{NaOH} + \text{Br}_2 = \text{NaBrO} + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$. Nach einiger Zeit oder beim Erwärmen wandelt sich das unterbromigsaure Natrium in das Bromat um: $3\text{NaBrO} = \text{NaBrO}_3 + 2\text{NaBr}$. Setzt man aber der Lösung des Natriumhypobromits etwas freie Natronlauge hinzu, so hält sich dieselbe selbst beim Kochen ziemlich gut. — Lösungen von Bromsäure und Bromaten werden neuerdings vielfach als Oxydationsmittel für analytische Zwecke empfohlen; so von W. Feit und K. Kubierschky, ferner von A. Schwicker.²⁾ Die zu untersuchende Substanz wird mit einem Ueberschusse von Bromsäure versetzt, bez. gekocht. Nach beendeter Oxydation kocht man das ausgeschiedene Brom weg und bestimmt die Menge der unveränderten Bromsäure auf jodometrischem Wege. Die oxydirende Wirkung der Bromsäure vollzieht sich nach der Gleichung $2\text{HBrO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 + 5\text{O}$. Will man in der Kälte operiren und das Wegkochen von Brom vermeiden, so säuert man mit Schwefelsäure an und läßt die Oxydation sich vollziehen. Dann gibt man Jodkalium zu und titrirt das frei gemachte Jod mit unterschwefligsaurem Natrium zurück. Die Reaction der Oxydation von Schwefeldioxyd und von Stickstofftrioxyd verläuft z. B. nach folgenden Gleichungen:

1. $2\text{HBrO}_3 + 5\text{H}_2\text{O} + 5\text{SO}_2 = 5\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2$;
2. $5\text{N}_2\text{O}_3 + 4\text{HBrO}_3 = 5\text{N}_2\text{O}_5 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2$.

— Nach Kammerer soll durch Einwirkung von Brom auf Ueberchlor-säurehydrat die Ueberbromsäure HBrO_4 entstehen. R. W. E. Mac Ivor³⁾ hat dagegen festgestellt, daß hierbei keine Ueberbromsäure gebildet wird. Selbst beim Erhitzen von überchlor-säurem Silber mit Brom war sie nicht zu erhalten. — Die von Landolt durch Einwirkung von Stickoxyd auf Brom angeblich dargestellten Verbindungen NOBr_2 Bromunter-salpetersäure und NOBr_3 Bromsalpetersäure sind nach D. Frölich⁴⁾ nichts weiter, als Gemische des Nitrosyl-bromids NOBr mit Brom.

Bromschwefel. — Diese Verbindung wurde zuerst durch

1) Dingl. p. J. 253. 1884 S. 48.

2) Chemif. Ztg. 15. 1891 S. 351. 845.

3) Chem. News 55. 1887 p. 203.

4) Lieb. Ann. 224. 1884 S. 270.

Balard dargestellt, welcher Schwefel in Brom auflöste. Ihre Zusammensetzung soll S_2Br_2 sein, ließ sich aber bisher nicht sicher feststellen, weil sich der Bromschwefel unter gewöhnlichem Drucke nicht unzersezt destilliren läßt. Indessen ist es Buchka¹⁾ gelungen, die Destillation bei vermindertem Drucke zu ermöglichen; das Destillat besaß wirklich eine der Formel S_2Br_2 entsprechende Zusammensetzung. Der Siedepunkt des Bromschwefels liegt unter einem Drucke von 20 mm bei 111—113°.

Jod.

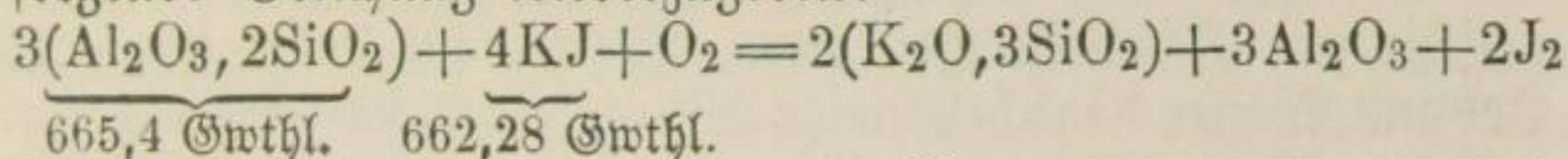
Gewinnung des Jods. — Dieselbe Methode, welche H. S. Wing zur Bromdarstellung vorgeschlagen hat (vergl. S. 256), will er auch zur Gewinnung von Jod aus der bei der Reinigung von Chilisalpeter sich ergebenden Mutterlauge anwenden (Am. Pat. 456 183 v. 21. VII. 91)²⁾. Die Mutterlauge wird mit kieselensäurehaltigen Stoffen gemischt, eingedampft und geglüht, wobei Joddämpfe entweichen. Die nicht verdichteten Dämpfe fängt man in vorgelegter Mutterlauge auf. D. Vitali gibt einen neuen Weg an, das Jod aus Seealgen, bez. ihrer Asche darzustellen.³⁾ Die Algen sollen in verdünnte Pottaschelösung eingelegt und nach gehöriger Tränkung getrocknet, verbrannt und mit Wasser ausgelaugt werden. Die Lauge wird bis zur Abscheidung des Kochsalzes concentrirt und die Mutterlauge sodann mit Schwefelsäure versetzt, bis alles Carbonat, Sulfid und Cyanid des Kaliums zersezt ist. Hierauf concentrirt man, bis das schwefelsaure Kali auskrystallisirt, zieht die Mutterlauge ab und dampft sie ein. Der Rückstand wird in Thonretorten zuerst für sich, dann nach Vermischung mit 6 Thl. Kaliumbichromat ($K_2Cr_2O_7$) geglüht, wobei reines, chlor- und bromfreies Jod abdestillirt. Bei Mutterlaugen von Salzfoolen sezt man ebenfalls Pottasche zu, filtrirt von den ausgeschiedenen Erdkalkalcarbonaten ab und verfährt dann weiter, wie schon beschrieben. Der Retortenrückstand, der aus Chromoxyd und Kaliumchromat (K_2CrO_4) besteht, wird wieder in das Dichromat übergeführt. A. Gorgeu macht darauf aufmerk-

1) Chemif. Ztg. 13. 1889 S. 628.

2) Ebenda 15. 1891 S. 1160.

3) Chem. Centralbl. (3) 18. 1887 S. 126.

sam, daß durch Erhitzen von Jodkalium mit Thon, insbesondere bei gleichzeitigem Zuleiten von Wasserdampf, Jod frei wird, und zwar umsomehr, je mehr Thonerde zugegen ist. Bei dunkler Rothgluth in einem Luftstrome zerlegt Kaolin sein eigenes Gewicht an Jodkalium.¹⁾ Die Reaction wäre ungefähr durch folgende Gleichung wiederzugeben:



J. Musset empfiehlt, zur Darstellung von reinem Jod das Jod des Handels mit einer concentrirten Lösung von Jodkalium in einem Becherglase zu übergießen, das Glas mit einer Glasplatte zu bedecken und nunmehr bis zum Schmelzen des Jods zu erhitzen. Nach dem Erkalten gießt man ab und läßt das Jod abtropfen. Es ist jetzt völlig chlorfrei. Die Mutterlauge kann einigemale benutzt werden.²⁾ — Die Reinigung größerer Jodmengen durch Sublimation geschieht nach J. Hertkorn³⁾ am besten in einem besonderen Apparate, der aus einer flachen eisernen Schale mit rinnenartigem Rande und in diese Rinne umgekehrt eingestelltem Trichter besteht. Der Trichterhals ist nur ganz kurz; in ihm ist ein Kolben luftdicht befestigt, dessen Bauch in's Innere des Sublimationsgefäßes ragt, während der Hals etwas aus dem Trichterhals hervorsteht. Der Kolben wird durch strömendes Wasser gekühlt. In die Eisenschale kommt das Jod, darauf unter dem als Verdichter wirkenden Kolben eine Porcellanplatte mit ausgezacktem Rande. Jetzt stellt man den Trichter in die Rinne und dichtet ihn hierin mit Paraffin oder Gyps. Nunmehr wird die eiserne Schale erhitzt, das Jod sublimirt und verdichtet sich an der Außenseite des gekühlten Kolbens; was herunter fällt, bleibt auf der Porcellanplatte liegen. Der Sicherheit wegen muß im Stopfen des Trichterhalses noch eine verschließbare Oeffnung sein, um überschüssige Joddämpfe ableiten zu können.

Eigenschaften des Jods. — Die schon bei Brom erwähnten Untersuchungen von Paterno und Masini geben

1) Compt. rend. 102. 1886 p. 1166.

2) Chemif. Ztg. 14. 1890 Rep. S. 125.

3) Ebenda 16. 1892 S. 795.

als Molekulargewicht des Jods für Lösungen in Benzol, wenn dieselben verdünnt sind, J_2 an. In concentrirten Lösungen scheint das Molekül complicirter zu sein, während Lösungen in Eisessig Werthe zwischen J und J_2 ergeben. Die kritische Temperatur des Jods fand Madjedin (siehe S. 252) über 400° liegend. — Ueber Jodlösungen liegen verschiedene Mittheilungen vor. Bernede stellte fest, daß Jod mit Wasser keine beständige Lösung bildet, weil sich das Jod aus der Lösung langsam, aber vollständig verflüchtigt. Selbst im geschlossenen Gefäße treten Joddämpfe auf, die sich über der Flüssigkeit als Kryställchen niederschlagen. Warmes Wasser löst mehr Jod, als kaltes; aber siedende wässrige Jodlösung läßt alles Jod entweichen.¹⁾ Nach H. Gautier und G. Charpy²⁾ lassen sich Jodlösungen nach ihrer Färbung in vier Gruppen ordnen: 1. Violette Lösungen in Schwefelkohlenstoff, Tetrachlorkohlenstoff und Chloroform. Das Spectrum ähnelt dem des Joddampfes; die dunkle Bande beginnt schon im Gelb. 2. Rothbraune Lösungen in Toluol, Aethylbromid, Paraxylol und Aethyljodid. Das dunkle Absorptionsspectrum erstreckt sich von Grün bis Indigo. 3. Rothe Lösungen in Benzol, Aethylendichlorid und Aethylendibromid mit dunkler Bande von Mitte Grün bis Violett. 4. Braune Lösungen in Methylbenzol, Essigsäure, Aether, Alkohol und Acetylen mit dunkler Bande in Blau und Violett. Nach der Raoult'schen Gefriermethode wurde festgestellt, daß die braunen Lösungen wahrscheinlich ein Jodmolekül J_4 , die blauen ein solches J_2 enthalten. Durch Erwärmen nähert sich die Färbung der Lösung derjenigen der vorhergehenden, durch Erkälten der Farbe der folgenden Gruppe. Dagegen kommt E. Beckmann³⁾ auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schlusse, daß in braunen, wie blauen Lösungen nur das Molekül J_2 enthalten ist, während sich die verschiedenen Farben aus verschiedenen Verbindungen des Jods mit dem Lösungsmittel erklären sollen. D. Liebreich und später E. Wiedemann⁴⁾ constatirten zunächst, daß kalte braune Jodlösungen in den Aethylestern der Stearin- und Oelsäure

1) Chem. Centralbl. 60. 2. 1889 S. 397.

2) Compt. rend. 110. 1890 p. 189.

3) Ztschrift. f. physik. Chemie 5. 1890 S. 76.

4) Ann. Phys. Chem. (N. F.) 41. 1890 S. 299.

bei 80° violett werden; ferner daß die ätherische Jodlösung in Capillaren bis zur kritischen Temperatur braun bleibt, dann aber violett wird. Umgekehrt ist bei der tiefsten Temperatur jede Jodlösung, mit Ausnahme derjenigen in Paraffin braun. Ebert's Beobachtung, daß die der braunen Lösung entsprechende Absorption im violetten Theile des Spectrums bei constanter Dichte mit der Temperatur abnimmt, die der violetten Lösung entsprechende Absorption im minder brechbaren Theile des Spectrums bei gleicher Behandlung mehr und mehr zunimmt, stimmt völlig mit den übrigen Beobachtungen überein. Die violetten Lösungen enthalten wahrscheinlich dieselben Moleküle wie der Joddampf, die braunen Lösungen solche wie festes Jod. Letztere sind die zusammengesetzteren, weshalb violette Lösungen beim Abkühlen braun werden. Nach Duncan löst sich 1 Thl. chem. reinen Jods bei gewöhnlicher Temperatur in 56.6 Thl. Chloroform auf¹⁾.

Nach Mairet, Pilatte und Combemale wirkt Jod als Gift²⁾. Es wurden den Versuchsthieren Lösungen von Jod in Alkohol, Glycerin und Wasser, auch Lösungen von Jodkalium in Wasser, eingespritzt. Blutgerinnung trat in keinem Falle ein; dagegen führten Ueberschreitungen von 0.045 Gr. Jod auf das Kilogramm Körpergewicht zum Tode und selbst bei 0.03 Gr. Jod war die Genesung noch eine langsame.

Jodwasserstoff. — Zur Darstellung des Jodwasserstoffs machen Merz und Holzmann (vergl. S. 254) die Mittheilung, daß Jod und Wasserstoff entgegen den gewöhnlichen Angaben sich ziemlich leicht direct vereinigen, wenn man sie im Gemisch durch eine mit Bimstein gefüllte, sehr lebhaft glühende Röhre leitet. Da stets Jod mitgerissen wird, muß man den Gasstrom durch ein Baumwollensfilter gehen lassen. Bei sehr hoher Temperatur und großem Wasserstoffüberschuß scheint die Verbindung zwischen H und J vollständig zu sein. — Nach R. Benedikt³⁾ wirkt überschüssige Jodwasserstoffsäure auf Schwefelsäure, Sulfate (selbst Baryumsulfat) und Methylsulfate reducirend ein, wobei Schwefelwasserstoff oder Sulfid entsteht; z. B. $H_2SO_4 + 8 HJ = H_2S + 4 H_2O + 4 J_2$.

1) Chemik. Ztg. 16. 1892 Rep. S. 41.

2) Compt. rend. 101. 1885 p. 514.

3) Chemik. Ztg. 15. 1891 S. 431.

Phenolsulfosäure wird zuerst zerlegt, dann die frei gemachte Schwefelsäure reducirt.

Jodchlorid und -cyanid. — Nach W. Stortenbecker existiren zwei Modificationen des Jodchlorids JCl . Die α -Verbindung bildet lange rubinrothe Nadeln, welche bei 27.2° schmelzen, die β -Verbindung rothbraune Lamellen mit dem Schmelzpunkt 13.9° . Die β -Verbindung entsteht, wenn man α -Chlorjod zwischen $+5$ und -10° krystallisiren läßt. Sie ist unbeständig und geht beim Lagern in die α -Verbindung über. Die beiden Monochloride scheinen in Dampfform vorzukommen, während das bei 10° schmelzende Trichlorid JCl_3 sich beim Verdampfen vollständig zerlegt¹⁾. — Das Jodcyanid JCN haben R. Seubert und W. Pollard²⁾ in folgender Weise hergestellt. Je 10 Gr. feingepulvertes trocknes Quecksilbercyanid und Jod werden rasch vermischt und mit Glasperlen vermengt in ein weites Reagensglas eingefüllt. Dieses schiebt man in ein einseitig geschlossenes Glasrohr ein und verschließt das offene Ende des Glasrohrs mit einem Chlorcalciumrohr. Man stellt für 2—3 Tage in's Sonnenlicht, bis die Mischung rothbraun geworden ist und bringt dann das Rohr, soweit es beschickt ist, in kochendes Wasser. Das Cyanjodid sublimirt und setzt sich im kalten Theile des Glasrohrs in schönen farblosen Nadeln ab, welche sich schließlich zu einer zähen, fest am Glase haftenden Masse versilzen. Der Rückstand im Reagenrohr ist Quecksilberjodid. Das Cyanjod besitzt die Dampfdichte 5.285 — 5.366 (statt 5.283), schmilzt bei 146.5° und erstarrt bei 142.5° wieder.

Jodsauerstoffverbindungen. — Eine Beobachtung von H. Lescoeur bezieht sich auf die Jodsäure³⁾. Setzt man zu Jodsäure verdünnte oder mäßig concentrirte Salpetersäure, so scheiden sich prismatische Krystalle von Jodsäure HJO_3 ab. Verwendet man aber concentrirte Salpetersäure, so erhält man Krystallblättchen des Anhydrids J_2O_5 , die auch beim Erhitzen auf 170° ihren Glanz behalten und nur 0.8% ihres Gewichts verlieren. Die Jodsäure läßt sich nach Schwicker ähnlich wie die Bromsäure als Oxydationsmittel verwenden

1) Chem. Centralbl. (3) 19. 1888 S. 1198.

2) Berl. Ber. 23. 1890 S. 1062.

3) Bull. Soc. Chim. (3) 1. 1889 p. 563.

(vergl. S. 262). Die Darstellung von jodsaurem Kalium kann nach P. Soltsien in folgender Weise ausgeführt werden ¹⁾. Jod wird mit Wasser und überschüssigem übermangansaurem Kalium innigst vermengt; das Gemisch wird in einem Kolben im Wasserbade erhitzt. Es entsteht nach einer der folgenden Gleichungen jodsaures Kalium: 1. $3 \text{KMnO}_4 + 3 \text{J} = \text{KJ} + 2 \text{KJO}_3 + 3 \text{MnO}_2$, oder 2. $2 \text{KMnO}_4 + \text{KJ} + \text{H}_2\text{O} = \text{KJO}_3 + 2 \text{KOH} + 2 \text{MnO}_2$. Wahrscheinlich bildet sich übrigens nicht Mangansuperoxyd, sondern eine Verbindung KH_2MnO_4 . — Das Calciumjodat wird, falls es völlig rein ist, von W. D. Spanton ²⁾ als kräftiges Antisepticum bezeichnet. Ein damit versetzter Urin hat sich 17 Jahre lang völlig unverändert und klar erhalten. Nur die Schwerlöslichkeit des Salzes (1:400 Wasser) ist der Verwendung desselben hinderlich. — Auf die Arbeit von E. W. Blomstrand über Doppelsäuren des angeblich siebenwerthigen Jods und ihre Salze, namentlich der Jodmolybdänsäuren kann hier nur verwiesen werden ³⁾.

Jodammoniak und Jodstickstoff. — Schon Bineau fand, daß Jod eine große Menge trocknes Ammoniakgas aufnimmt und damit eine dunkelblaue glänzende Flüssigkeit von der Zusammensetzung $3 \text{NH}_3, 2 \text{J}$ gibt. Millon behauptete dagegen, der Ammoniakgehalt der Verbindung sei nicht halb so groß, wie diese Formel angibt. F. Raschig hat nun die Versuche wiederholt und folgende Thatsachen ermittelt. ⁴⁾ Jod verflüssigt sich beim Ausleiten von Ammoniak nach wenigen Augenblicken und erwärmt sich hierbei so stark, daß man die Temperatur durch Abkühlung bei $+20^\circ$ halten muß. Hat man 12.7 Gr. Jod verwendet, so ist die Reaction nach ungefähr einer halben Stunde vollendet. Für 20°C bestätigt die Gewichtszunahme die von Bineau gegebene Formel. Bei 80° erhält man aber eine Verbindung NH_3J , bei 0° eine solche mit der Formel $(\text{NH}_3)_2\text{J}$ und bei 10° sogar den Körper $(\text{NH}_3)_5\text{J}_2$. Erwärmt man die blaue Flüssigkeit, so entweicht

1) Chem. Centralbl. (3) 19. 1888 S. 29.

2) Chem. News 61. 1890 p. 166.

3) Journ. f. prakt. Chemie (N. F.) 34. S. 433. — Chemik. Ztg. 15. 1891 S. 1558.

4) Lieb. Ann. 241. 1887 S. 253.

zuerst Ammoniak, dann auch Jod; eine geringe Menge Jodammonium NH_4J bleibt zurück. Mit Wasser zerfällt sich $(\text{NH}_3)_3\text{J}_2$ in Jodstickstoff und Jodammonium. In Alkohol ist Jodammoniak löslich, ebenso in Aether, was beweist, daß die blaue Flüssigkeit weder Jodstickstoff noch Jodammonium enthält. Ob sie eine wirkliche chemische Verbindung ist, bleibt unentschieden.

A. Guyard stellte fest, daß Jodstickstoff unter Wasser oder im feuchten Zustande ohne jede Erwärmung sich im Sonnenlichte zerlegt, wobei fast reiner Stickstoff frei wird.¹⁾ Diese Zerlegung tritt oft sogar da noch ein, wo das Radiometer von Crookes still steht. Die Stickstoffentwicklung ist ganz in dem Maße schwächer oder lebhafter, wie das Licht minder oder mehr kräftig einwirkt. Aber nur das Licht veranlaßt die Zerlegung, während sich die molekulare Bewegung des belichteten Theils nicht auf den beschatteten überträgt. Der Versuch hat weiter gezeigt, daß besonders die gelben Strahlen des Lichts die Zerlegung des Jodstickstoffs bewirken; dann folgen die orangenen und rothen, während die blauen und violetten wenig Einfluß ausüben. Guyard glaubt, daß man Jodstickstoff als wohlgeeignete photometrische Substanz empfehlen könne, zumal seine Zerlegung nur durch die Licht-, nicht durch die Wärmewirkung der Sonnenstrahlen verursacht wird. Aber man muß wissen und beachten, daß eine äußerst heftige Explosion des Jodstickstoffs erfolgt, sobald seine Zerlegung im Lichte eine gewisse Zeit lang vor sich gegangen ist. Die Reaction des Lichtes auf Jodstickstoff dürfte am besten durch folgende Gleichung wiederzugeben sein: $\text{N}_2\text{H}_4\text{J}_2 = \text{NH}_4\text{J}_2 + \text{N}$. Darnach wäre $\text{N}_2\text{H}_4\text{J}_2 = 2\text{NH}_2\text{J}$ der Jodstickstoff, ein jodsubstituirtes Ammoniak, ein Amidojodid, während die entstehende Verbindung NH_4J_2 als Ammoniumdijodid bezeichnet wird, ohne daß ihre Constitution eine Erklärung erführe. Setzt man den Jodstickstoff unter einer wässrigen Ammoniaklösung von bis zu 22°B dem Lichte aus, so erfolgt die Stickstoffentwicklung zwar langsamer, aber auch ohne Gefahr der Explosion, vermuthlich nach der Gleichung $3\text{N}_2\text{H}_4\text{J}_2 + 2(\text{NH}_4)_2\text{O} = 6\text{NH}_4\text{J} + 2\text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$; doch muß Ammoniak im Ueberschusse vorhanden sein. Diese Mischung aus Jodstickstoff und Ammoniak

1) Ann. Chim. Phys. (6) 1. 1884 p. 358.

wird sich also zu dem chemischen Radiometer noch besser eignen, als die wässrige Mischung. Für 1 Lit. Ammoniak von 22° B soll man 50 Gr. Jod verwenden; in 5 — 10 Minuten ist der Jodstickstoff gebrauchsfertig. Natürlich muß die Mischung im Dunklen geschehen.

Weiter ist es Guyard gelungen, einen Kupferjodstickstoff von der Formel $\text{CuH}_4\text{N}_2\text{J}_4$ herzustellen. Setzt man zu einer concentrirten ammoniakalischen Kupferoxydlösung eine concentrirte Lösung eines Alkalijodids, so entsteht alsbald ein dicker glänzend krystallinischer Niederschlag von bläulich granat-rother Farbe von obiger Zusammensetzung. Derselbe ist in unterschwefligsaurem Natrium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) zu einer blauen Flüssigkeit löslich. Beim Auswaschen mit kaltem Wasser wird er vollständig zerlegt, wobei Jodammonium und Ammoniumdijodid (?) in Lösung gehen, während ein gelbes Kupferoxyjodid CuO_2J zurückbleibt. Die Reaction läßt sich wie folgt formuliren: $\text{CuH}_4\text{N}_2\text{J}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{J} + \text{NH}_4\text{J}_2 + \text{CuO}_2\text{J}$. Trocknet man den Kupferjodstickstoff bei 60—100°, so zerlegt er sich vollständig unter Hinterlassung von Kupferjodür Cu_2J_2 . Man muß ihn daher zwischen Filterpapier trocken pressen und dann über Schwefelsäure im Exsiccator stehen lassen, falls man ihn trocken erhalten will. Er bildet alsdann ein tief veilchenblaues krystallinisches Pulver.

Bei der Wechselwirkung zwischen Jod und Ammoniak entsteht neben Jodstickstoff auch Jodammonium; ist letzteres gegenüber dem freien Ammoniak vorherrschend, so bildet sich auch Ammoniumdijodid, welches sich mit gelber Farbe auflöst. Der Jodstickstoff ist übrigens nicht schwarz, wie vielfach angegeben wird, sondern braun gefärbt. Die Bildungsgleichung für Jodstickstoff ist nach Guyard's Untersuchungen die folgende: $26(\text{NH}_4)_2\text{O} + 4\text{J}_2 = 4\text{NH}_4\text{J} + 2\text{NHJ}_2 + 23(\text{NH}_4)_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$. Hier wird also, entgegen der Seite 269 gegebenen Formulirung der Jodstickstoff als NHJ_2 formulirt.

Nach F. Raschig ist überhaupt über die Zusammensetzung des Jodstickstoffs noch Unklarheit verbreitet, so daß man drei verschiedene Verbindungen, nämlich NJ_3 , NHJ_2 und NH_2J anzunehmen genöthigt wird.¹⁾ Bestimmte Mengen

1) Liebig's Ann. 230. 1885 S. 212.

von Salmiaklösung und Jod-Jodkaliumlösung wurden ihrem Gehalte entsprechend vermischt und in das Gemisch soviel Natronlauge eingetropft, daß Ammoniak freigemacht wurde. Der sofort entstehende schwarze Niederschlag wurde schleunigst abfiltrirt und mit kaltem Wasser gewaschen. Je nach den verwendeten Reagensmengen sollte der Niederschlag in seiner Zusammensetzung einer der drei gegebenen Formeln entsprechen; *Raschig* fand aber, daß er stets die Formel NHJ_2 besaß. Vielleicht ist diese Verbindung auch als $NH_3 + 2NJ_3$ aufzufassen, wofür jedoch der Beweis nicht zu erbringen war. Ferner hat *Bunsen* aus alkoholischer Jodlösung durch alkoholisches Ammoniak ein Sesquijodamin, d. h. einen Jodstickstoff von der Formel $N_2H_3J_3$ erhalten. Andre Chemiker haben die Versuche *Bunsen's* mit abweichenden Resultaten ausgeführt, was nach *Raschig* auf die Dauer des Auswaschens mit Wasser zurückzuführen ist. Der Jodstickstoff zersetzt sich nämlich mit Wasser in Jod, Stickstoff, Jodammonium und Ammoniumjodat; je nach dem Grade dieser Zersetzung nimmt der Rückstand eine verschiedene Zusammensetzung an, geht nämlich in Dijodamin NHJ_2 oder Trijodamin NJ_3 über. Eine besondere Art Jodstickstoff erhält man endlich beim Schütteln von festem Jod mit Ammoniaklösung. Der aus Jodlösungen gefällte Jodstickstoff explodirt nur im trocknen Zustande; der aus Jod und Ammoniak erhaltene sehr leicht schon feucht. Seine Zusammensetzung ist unbekannt.

Silicium.)

Darstellung und Eigenschaften des Siliciums.
 — Das Silicium wurde zuerst von *Berzelius* im Jahre 1810 beim Zusammenschmelzen von Eisen, Kohle und Kieselsäureanhydrid in unreiner Form, 1823 aber durch Einwirkung von Kalium auf geschmolzenes kieselflußsaures Kalium rein erhalten, beidemale in der amorphen Modification. *Wöhler* stellte es später durch Zusammenschmelzen von Kieselfluorkalium mit Aluminium und Weglösen des Aluminiums aus dem Reactionsproduct mit Salzsäure krystallisirt dar. Neuere Gewinnungsweisen für Silicium sind die folgenden. *H. N. Warren*¹⁾

1) Chem. News 57. 1888 p. 54.

hängt Siliciumeisen des Handels als positiven, eine Platinplatte als negativen Pol in verdünnte Schwefelsäure und läßt den Strom eintreten. Das Eisen wird völlig gelöst; Graphit und Silicium in beiden Modificationen bleiben zurück. Wird der getrocknete Rückstand in einer Glasröhre im Kohlensäurestrom rothglühend gemacht, so wird der größte Theil des Graphits (durch Oxydation?) beseitigt, das Silicium dichter und minder leicht oxydirbar. Den geglühten Rückstand vermischt man mit Zink und verschmilzt im geschlossenen Eisenrohre zwei Stunden lang bei heller Rothgluth. Das Reactionsproduct wird hierauf mit Salzsäure erwärmt, wobei sich das Zink löst und krystallisirtes Silicium zurückbleibt. Hat man dagegen, statt mit Zink auf Rothgluth, mit Aluminium auf Weißgluth erhitzt, so besteht der Rückstand aus graphitischem Silicium. Dasselbe ist auch zu erhalten bei starkem Erhitzen von Aluminium mit Kieselfluorkalium. Dagegen entsteht beim Verschmelzen mit einer Legirung aus 1 Thl. Zinn und 9 Thl. Aluminium die krystallisirte Modification und bei Verwendung von nur sehr wenig Aluminium amorphes Silicium. Eine neue Modification scheint zu entstehen, wenn man Silicium mit einer Aluminiumsilberlegirung auf hohe Weißgluth erhitzt und das Metall mit Salpetersäure weglöst. Es hinterbleibt ein glänzend rothes Pulver von Silicium. — L. Gattermann¹⁾ empfiehlt die Benutzung von Magnesium als Reductionsmittel für Siliciumdioxid. Quarzsand wird mit Magnesiumpulver vermischt und erhitzt. Nach kurzer Zeit beginnt lebhaftes Erglühen, welches sich durch die ganze Masse fortpflanzt: $\text{SiO}_2 + \text{Mg}_2 = \text{Si} + 2 \text{MgO}$ (bestes Verhältniß: 1 Thl. Mg + 4 Thl. gepulverter Sand). Die Reduction erfolgt allerdings nur an der Oberfläche der Quarzkörnchen. Besser ist es daher, das Gemisch erst in einer mäßig starken Gebläseflamme bis zur gleichmäßigen Erwärmung anzubeizen und dann die Stichflamme des Gebläses zu benutzen. Gegen Ende der Reaction tritt häufig eine schwache Explosion ein, welche von der Wasserzersezung durch Mg herrührt. Das Reactionsproduct ist grauschwarz, stellenweise bläulich, ungeschmolzen und leicht pulverisirbar. Es läßt sich ohne Weiteres

1) Berl. Ber. 22. 1889 S. 186.

zur Darstellung von Halogenverbindungen des Siliciums verwenden (siehe unten). Will man krystallisirtes Silicium haben, so drückt man das pulverisirte Reactionsproduct sammt einigen Stücken Zink in einen Tiegel, kittet den Deckel mit Lehm auf und erhitzt im Kohlenfeuer (nicht über den Siedepunkt des Zinks!). Darnach wird der Tiegel geöffnet und der metallische Rückstand mit verdünnter Salzsäure übergossen. Das Zink löst sich auf und schöne stahlblaue Nadeln des Siliciums bleiben zurück. — Eine andre Form des krystallisirten Siliciums erhielt H. N. Warren¹⁾, als er graphitisches Silicium mit 12 Thl. Aluminium und 2 Thl. Zinn unter einer Decke von geschmolzenem Natronwasserglas 2 Stunden lang auf die höchste erreichbare Temperatur erhitzte. Das Silicium hinterblieb nach dem Weglösen der Metalle in Form von schiefen Octaëdern mit Metallglanz, die bis zu 1.25 cm lang waren und an Gußeisenkrystalle erinnerten. — P. Hautefeuille und A. Perrey machten eine interessante Beobachtung über die Flüchtigkeit des Siliciums²⁾. Sie erhitzten nämlich siliciumhaltiges Aluminium im Strome von Aluminiumchloriddampf auf 440° und fanden, daß sich an den kälteren Röhrentheilen amorphes Silicium ansetzte, welches Eisen und sehr wenig Aluminium enthielt. Dagegen ging unter gleichen Bedingungen bei 1300° kein Silicium, sondern nur Aluminium fort. — Silicium ist in der graphitischen Modification sehr widerstandsfähig gegen chemische Reagentien und selbst in der Knallgasflamme nicht oxydirbar. Aber es oxydirt sich nach H. N. Warren³⁾ merkwürdiger Weise, wenn es mit gewissen Metalloxyden erhitzt wird. Man kann also graphitisches Silicium als Reductionsmittel benutzen, z. B. in Rothgluth für Blei oder Kupfer aus ihren Oxyden. Wird hierbei ein Siliciumüberschuß verwendet, so entstehen Silicide der genannten Metalle. Reducirt werden weiter Chrom-, Wolfram- und Molybdänoxyde. Ein sehr feines Gemisch aus gleichen Theilen Silicium, Aluminium und Bleioxyd explodirt beim Erhitzen mit großer Heftigkeit.

Silicide und Siliciumlegirungen. — Außer den

1) Chem. News 63. 1891 p. 46.

2) Compt. rend. 100. 1885 p. 1220.

3) Chem. News 60. 1889 p. 5. 64. 1891 p. 75.

schon genannten Siliciden von Blei und Kupfer stellte Warren auch ein Silber-silicid mit 40% Si her, indem er Silberoxyd mit einem kleinen Siliciumüberschuß gemischt in einen rothglühenden Tiegel warf. Unter lebhaftem Erglühen bildete sich das Silicid, welches nur halbflüssig wurde und auch im Knallgasgebläse nur schwer zum Schmelzen zu bringen war. Nascirendes Silicium verwandelt weiter Platin in ein brüchiges Silicid. Aber auch wenn man das Metall mit graphitischem Silicium zu heller Rothgluth erhitzt, entsteht das Platin-silicid. Dasselbe ist brüchig, krystallinisch, bei heller Rothgluth schmelzbar und in Säuren schwer löslich. Mit 10% Si erhält man es sehr leicht beim Erhitzen eines Gemisches aus amorphem Si und Platinschwarz. Gold- und Silber-silicid kann man auch darstellen, indem man die Metalle mit Kieselfluorkalium und Natrium verschmilzt. Die entstehenden Verbindungen enthalten 5% Si. Setzt man zu geschmolzenem Gold oder Silber von dem fertigen Silicid zu, so vermag das Metall noch weitere Siliciummengen aufzunehmen; Silber wird hierbei schwach röthlich von Farbe. Ein Magnesiumsilicid ist nach Gattermann (vergl. S. 267) zu gewinnen, indem man die folgende Reaction durchführt: $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg}_2 = \text{SiMg}_2 + 2\text{MgO}$. Das Reactionproduct bildet eine bläuliche halbgeschmolzene Masse, die beim Eintragen in concentrirte Salzsäure sofort selbstentzündlichen Siliciumwasserstoff liefert. Es hinterbleibt ein Siliciumsuboxyd, welches an der Luft zu SiO_2 verbrennt, mit Alkalien Wasserstoff entwickelt, Lösungen von Silber-silicid und von Kaliumpermanganat reducirt u. s. w. — Ein Kohlenstoff-silicid (Kohlenstoffsilicium) von der Formel SiC_2 wurde von Colson bereits früher durch Erhitzen von krystallisirtem Silicium in einem Gasstrome aus Wasserstoff und Benzoldämpfen als hellgrüne unschmelzbare Masse erhalten. Neuerdings hat P. Schützenberger¹⁾ ein Kohlenstoffsilicium von der Formel SiC bereitet, indem er ein Gemisch aus gleichen Theilen gepulvertem Silicium der krystallisirten Modification und gepulverter Kieselsäure in einem Tiegel aus Retortenkohle im reducirenden Feuer mehrere Stunden auf lebhafteste Rothgluth er-

1) Compt. rend. 114. 1892. p. 1089.

hitzte. Die Reaktionsmasse wurde mit Flußsäure gekocht, um die Kieselsäure wegzulösen. Es hinterblieb der hellgrüne Körper SiC , welchen man sich durch Reduction von Kohlenoxyd durch Silicium entstanden denken muß. Die Verbindung ist un-
schmelzbar und wird weder durch Flußsäure noch durch Kalilauge angegriffen.

Unter den Siliciumlegirungen, die zum Theil wohl Verbindungen des Si mit andren Metallen, also Silicide sind, ist nächst dem (unter Eisen besprochenen) Ferrosilicium die Siliciumbronze¹⁾ am wichtigsten. Dieselbe wird nach L. Weiller (D. R.-P. 27570) wie folgt dargestellt. Man schmilzt Kupfer, Zinn (oder deren Legirung, die Bronze) mit Natrium und Kieselfluorkalium zusammen. Das Natrium macht Silicium frei, welches sich sofort mit der Bronze vereinigt. Die so erhaltene Siliciumbronze eignet sich besonders zur Drahtfabrication, da sie größere Festigkeit und besseres Leitungsvermögen besitzt, als gewöhnlicher Bronze- oder Kupferdraht. Es kommt dies daher, daß sie völlig oxydfrei ist; das Silicium reducirt alle etwa gebildeten Oxyde, wobei SiO_2 entsteht. Dieses Siliciumdioxyd gelangt aber in die Schlacke. Ein Siliciumbronzedraht von 2 mm Stärke wiegt pro Kilometer etwa 28 Kgr. und vermag einen 5 mm starken Eisendraht von gleicher Länge, aber 150 Kgr. Gewicht zu ersetzen. In freier Luft hält der Draht sich sehr gut und überzieht sich höchstens mit einer dünnen Oxydschicht. Endlich ist er als Altmaterial viel werthvoller als alter Eisendraht. Man verwendet ihn daher bereits vielfach für Telegraphen- und Telephonleitungen, so in Wien, Prag, Brünn, Triest, Neapel u. s. w. — Das Siliciumkupfer²⁾, in der Regel ebenfalls Siliciumbronze genannt, wird nach E. H. Cowles, A. H. Cowles und C. F. Mabery in dem schon mehrfach erwähnten elektrischen Ofen der Gebrüder Cowles in der Weise hergestellt, daß man denselben, statt mit Thonerde und Kupfer, mit Siliciumdioxyd und Kupfer beschickt. Es resultirt ein siliciumhaltiges Kupfer. Geringe Mengen Silicium machen das Kupfer be-

1) Dingl. p. J. 253. 1884 S. 479. — 254. 1884 S. 492. — Dtsch. Ind. Ztg. 26. 1885 S. 14.

2) Chem. Centralbl. (3) 17. 1886. S. 116. — Dingl. p. J. 261. 1886. S. 478. — Chemik. Ztg. 13. 1889 S. 938. 1339.

sonders widerstandsfähig gegen Zug; aber schon 5 % Si geben eine brüchige Legirung von grauschwarzer Farbe. Ein großer Vorzug eines Siliciumgehaltes im Kupfer ist, daß letzteres hierdurch oxydfrei wird. Dies führt zu einer Erhöhung der Leitungsfähigkeit. Die siliciumreichere Bronze ist besser als Phosphorbronze, aber nicht so gut wie Aluminiumbronze. — C. Heusler (D. R.=P. 36607) will Ferrosilicium und Kupfer bei starkem Kohlefeuer im Zugofen umschmelzen und hierbei am Boden des Tiegels eine Legirung von Kupfer und Silicium erhalten. Sobald der Zeitpunkt der Abscheidung dieser Legirung gekommen ist, kühlt man die Oberfläche des Metalls mit Wasser. Man kann dann, ähnlich wie beim Garmachen des Rosettentupfers, zuerst das Eisen, dann das kupferhaltige Eisen, schließlich das Siliciumkupfer in Scheiben abheben. Der Gehalt der Legirung an Si soll durchschnittlich 3 % betragen. Diese Legirung soll nun als Zusatz zu Kupfer gegeben werden, wodurch eine Raffination des Kupfers herbeigeführt wird. Schon 0.03 % Si im Kupfer machen das Metall besser gieß- und walzbar. Ebenso dient das Siliciumkupfer zur Bereitung von Siliciumbronze, also als Zusatz zu gewöhnlicher Bronze, welche hierdurch fester, dehn- und walzbarer, leichter gieß- und ziehbar und geeigneter zur Electricitätsleitung gemacht wird. — W. Feld und G. v. Knorre wollen Kupfer oder Kupferoxyd mit Kohle, Siliciumdioxid und entwässertem Kupferchlorid erhitzen. Letzteres kann auch durch Kochsalz ersetzt werden (D. R.=P. 47201); ebenso durch Chlorkalium, Chlorcalcium oder Chlormagnesium, auch durch Flußspath (D. R.=P. 48029). Statt der Kohle kann man auch Theer verwenden. Das Zusammenschmelzen kann im Schacht- oder Flammofen geschehen; Siliciumkupfer soll das Product der Reaction sein. Der Proceß soll angeblich wie folgt verlaufen: $\text{CuO} + \text{C} = \text{CO} + \text{Cu}$; $\text{SiO}_2 + 4\text{NaCl} = 2\text{Na}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2 + \text{Si}$. — Von geringerem Interesse ist eine von Lévy erhaltene Legirung aus 70.92 bis 71.2 % Al, 26.8—26.5 % Ti und 2.17—2.22 % Si, die angeblich der Formel $9\text{TiAl}_4 + \text{SiAl}_4$ entspricht und sich in warmer Kalilauge unter Wasserstoffentwicklung löst, eisengrau gefärbt ist und die Dichte 3.11 bei 16° besitzt, in Rothgluth verbrennt, in Salpetersäure nicht, aber leicht in Salz- oder Schwefelsäure gelöst wird. Eine andre Legirung aus Aluminium, Silicium

und Eisen, welche A. Minet darstellte, hat nur insofern eine gewisse Bedeutung, als sie durch Elektrolyse eines Gemisches von Kryolith, Kochsalz, Thon und Siliciumdioxid erhalten wurde. Das Aluminiumfluorid wird zerlegt, das Fluor erzeugt Siliciumfluorid, welches mit dem Fluornatrium zusammen ein elektrolysirbares Doppelfluorid bildet. Die entstehende Legirung enthält am besten 89.8 % Al, 8.9 % Si und 1.57 % Fe; sie zeigt größere Zugfestigkeit als Aluminium.¹⁾

Siliciumwasserstoff. — Läßt man gasförmiges Fluorsilicium auf Magnesium einwirken, welches in einer gewöhnlichen Verbrennungsröhre erhitzt wird, so entsteht nach S. N. Warren²⁾ amorphes Silicium, Magnesiumfluorid und etwas Magnesiumsilicid ($2\text{SiF}_4 + 3\text{Mg}_2 = 4\text{MgF}_2 + \text{Si} + \text{SiMg}_2$). Letzteres liefert mit Salzsäure selbstentzündlichen Siliciumwasserstoff, der in der Luft äußerst lebhaft entflammt ($\text{SiMg}_2 + 4\text{HCl} = 2\text{MgCl}_2 + \text{SiH}_4$; $\text{SiH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$). Benutzt man statt der Salzsäure schwächere Säuren (z. B. Essigsäure), so erhält man gewöhnlich den nicht selbstentzündlichen Siliciumwasserstoff. — Bereits erwähnt wurde, daß Gattermann das Magnesiumsilicid in einfacherer Weise herstellte (vgl. S. 267).

Siliciumhalogenverbindungen. — Die Darstellung des Siliciumchlorids erfolgt nach Warren³⁾ am besten, indem man Siciliumeisen mit 15 % Si in einer Thonretorte im Chlorstrome erhitzt. Eine erste Vorlage liegt in heißem Wasser; in ihr verdichtet sich das Eisenchlorid. Daran schließt sich eine zweite, stark gekühlte Vorlage, in der Siliciumchlorid SiCl_4 condensirt wird. Die Retorte muß bis zu starker Rothgluth erhitzt werden. Statt mit Chlor kann man das Siliciumeisen auch mit Salzsäure behandeln; läßt man aber Chlorwasserstoff auf stark erhitztes Silicium einwirken, so ergibt sich nur Siliciumchloroform SiHCl_3 . — L. Gattermann stellt das Siliciumchlorid durch Erhitzen des Reactionsproductes, welches er beim Verschmelzen von Quarzsand und Magnesium erhielt, im Chlorstrome her. Da dieses Product Magnesia enthält (vergl. S. 267), so darf man nicht zu hoch erhitzen, damit das Chlor nicht mit der Magnesia in Wechselwirkung tritt.

1) Compt. rend. 106. 1888 p. 66. — 112. 1891 p. 1215.

2) Chem. News 58. 1888 p. 215.

3) Ebenda 60. 1889 S. 158.

Die Vorlage wird mit Eis und Salz gekühlt; sie enthält etwas Quecksilber zur Bindung von freiem Chlor. Man destillirt das Condensationsproduct nochmals und erhält bei 58—60° siedendes Chlorsilicium. — Wie A. Besson¹⁾ nachgewiesen hat, besitzt das Siliciumchlorid SiCl_4 die Eigenschaft, sich mit Ammoniak zu verbinden. Es entsteht ein fester weißer Körper von der Formel $\text{SiCl}_4, 6\text{NH}_3$. Auch das Trichlorid Si_2Cl_6 verbindet sich mit Ammoniak zu der festen weißen Verbindung $\text{Si}_2\text{Cl}_6, 10\text{NH}_3$, die erst bei 100° das Ammoniak abgibt und mit Wasser sich nur langsam zersetzt. Durch Phosphorwasserstoff wird das Trichlorid noch bei -10° reducirt, wobei sich fester Phosphorwasserstoff bildet. Dagegen gibt das Tetrachlorid mit PH_3 von -23° an eine Verbindung, die bei -60° der Formel $\text{SiCl}_4, 2\text{PH}_3$ entspricht. Sie kann krystallisirt erhalten werden, zersetzt sich aber jedenfalls in der Wärme.

Das Siliciumbromid stellt Gattermann ganz analog dem Chlorid her. Das reine Bromid siedet bei 153—154°. Die bequemste Darstellungsweise ist indessen von der des Chlorids etwas abweichend. Das Reaktionsgemisch aus Silicium und Magnesia wird nämlich zuerst durch Auswaschen mit schwacher Säure von der Magnesia befreit und hierauf das zurückbleibende Silicium getrocknet und im Bromwasserstoffstrom erhitzt. Man erhält ein schwach röthlich braunes Destillat, welches fractionirt werden muß. Bei 115—117° geht Siliciumbromosform SiHBr_3 (welches selbstentzündlich in Luft ist) und bei 153° das Bromid SiBr_4 über. — Nach Besson absorbirt auch Siliciumbromid mit Begier Ammoniak, wobei der feste weiße Körper $\text{SiBr}_4, 7\text{NH}_3$ entsteht. Derselbe ist amorph und wird durch Wasser zersetzt. Ebenso lassen sich Verbindungen von SiBr_4 und H_3P herstellen.

Siliciumjodid SiJ_4 bereitet Gattermann, indem er sein „Reaktionsgemisch“ ziemlich hoch erhitzt und dann im Kohlen säure strome verdampftes Jod überleitet. Im kälteren Theile der Röhre verdichtet sich das Tetrajodid, worauf man es in Schwefelkohlenstoff löst und die Lösung mit Quecksilber ausschüttelt. Die Lösung wird dann bei niedriger Temperatur im Kohlen säure strome verdunstet, wobei das Jodid in anfangs

1) Compt. rend. 110. 1890 p. 240. 518.

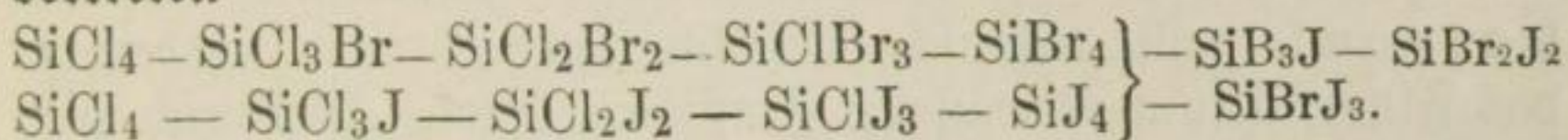
farblosen, bald röthlich gefärbten Krystallen hinterbleibt, die sich beim Liegen zum Theil verflüssigen.

Siliciumchloroform SiHCl_3 (ein Chloroform CHCl_3 , in welchem der Kohlenstoff durch Silicium vertreten wurde) bildet sich, wenn man das fein zerriebene „Reactionsproduct“ in verdünnte Salzsäure einträgt, mehrere Stunden unter häufigem Umrühren stehen läßt und dann abfiltrirt, den getrockneten (hauptsächlich aus Si bestehenden) Rückstand aber im Chlorwasserstoffstrom erhitzt. Der Condensator muß gut wirken, da das Siliciumchloroform schon bei $35-37^\circ$ siedet. Es ist eine farblose, leicht entzündliche Flüssigkeit; schon ein warmer Glasstab führt Entzündung des Dampfes herbei.

A. Besson¹⁾ hat auch gemischte Halogenverbindungen des Siliciums hergestellt. Mischt man Bromwasserstoff mit Dampf von Siliciumtetrachlorid und leitet das Gemisch durch eine rothglühende Porzellanröhre, wiederholt man mit dem Producte die Arbeit mehrfach und rectificirt man endlich über Quecksilber, so erhält man bei 59° ein aus SiCl_4 bestehendes Destillat, bei 80° eine Fraction von der Formel SiCl_3Br und bei $103-105^\circ$ ein Gemisch aus SiCl_2Br_2 und SiClBr_3 . Von diesen Bromchloriden und Chlorobromiden ist die zuerst genannte Verbindung SiCl_3Br eine auch bei -60° nicht erstarrende Flüssigkeit, was ebenso für SiCl_2Br_2 gilt. Dagegen gefriert SiClBr_3 , welches man auf diese Weise ausscheiden kann. Es erstarrt unter -50° , schmilzt wieder bei -39° und siedet bei $126-128^\circ$. — Chlorjodide erhält man, wenn man über fast rothglühendes krystallisirtes Silicium einen Strom von Chlorjod ClJ leitet. Das flüssige Condensationsproduct wird über Kupferspähen rectificirt. Man erhält bei $113-114^\circ$ SiCl_3J , bei 172° SiCl_2J_2 und bei $234-237^\circ$ SiClJ_3 . Die letzte Verbindung bildet eine farblose Flüssigkeit, die in der Kälte erstarrt, bei $+2^\circ$ wieder schmilzt und in der Luft sich schnell bräunlich färbt. — Endlich lassen sich auch Bromjodide bereiten. Erhitzt man Siliciumbromoform SiHBr_3 mit Jod im geschlossenen Rohre auf $200-250^\circ$, so entsteht SiJBr_3 . Läßt man HJ auf SiBr_4 bei Rothgluth wirken, so bildet sich vorwiegend SiBr_3J . Diese beiden Verbindungen

1) Compt. rend. 112. 1891. p. 788. 1314. 1447.

und endlich SiBr_2J_2 im Gemische entstehen beim Ueberleiten von JBr über rothglühendes Si . Es ist SiBr_3J eine farblose Flüssigkeit, die bei 192° siedet, bei -20° erstarrt und bei 14° wieder schmilzt. SiBr_2J_2 bildet einen festen weißen Körper mit dem Schmelzpunkt 38° und dem Siedepunkt $230-231^\circ$. Ebenso ist SiBrJ_3 fest und weiß, schmilzt aber bei 53° und siedet bei 255° . Alle Bromojodide färben sich in Luft und absorbiren Ammoniak. — Es ist jedenfalls sehr interessant, zu verfolgen, wie die Halogene in diesen Verbindungen sich allmählich vertreten



Im Anschlusse hieran sei sogleich noch der ebenfalls von A. Besson¹⁾ hergestellten Chlorosulfide und des von Sabatier²⁾ erhaltenen Selenids gedacht. Destillirt man rothen Chlorschwefel SCl_2 unter der Rothgluth über Silicium, so entsteht SiCl_4 und S . Bei lebhafter Rothgluth wird die Reaction lebhafter und unter ihren Producten befinden sich auch Siliciumchlorosulfide. Am besten macht man krystallisirtes Silicium rothglühend und leitet ein Gemisch aus Chlor und Chlorschwefel über. Das flüssige Destillat muß rectificirt werden; bei 185° geht das Chlorosulfid SiCl_2S über, welches in der Kälte erstarrt. Die Reinigung ist ziemlich umständlich. Die reine Verbindung bildet bei 74° schmelzende weiße Nadeln, welche durch Wasser in SiO_2 , HCl und H_2S zerlegt werden. — Das bisher unbekannte Siliciumselenid SiSe_2 entsteht beim Erhitzen von krystallisirtem Silicium in einem Strome von Selenwasserstoff. Das Selenid bildet harte geschmolzene Massen, die fast metallisch aussehen und irisiren. Der Geruch des Selenids in feuchter Luft erinnert an den des Selenwasserstoffs; in der That wird es durch Wasser in SiO_2 und H_2Se zerlegt.

Kieselflußsäure. — Nach A. Ziegler³⁾ läßt sich die Kieselflußsäure H_2SiF_6 am besten darstellen, indem man 200 Gr. Glaspulver, 150 Gr. Flußspatpulver und 250 Gr. concentrirte Schwefelsäure vermischt, das Gemisch abkühlt und hierauf an das Entwicklungsgefäß eine 1 m lange Glasröhre von genügender

1) Compt. rend. 113. 1891. p. 1040.

2) Ebenda S. 132.

3) Chemik. Ztg. 13. 1889 S. 433.

Weite und mit Richtung nach oben anschließt. An diese Röhre wird das trockne Trichterrohr durch Gummischlauch angefügt; der Trichter muß unter Quecksilber münden, während im Uebrigen das Auffanggefäß mit destillirtem Wasser gefüllt wird. Die Entwicklung des Fluorsiliciums erfolgt längere Zeit ohne, später unter Erwärmung. Im Wasser findet, wie bekannt, die Umsetzung $3\text{SiF}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SiF}_6 + \text{H}_4\text{SiO}_4$ statt. Man filtrirt durch ein Faltenfilter und preßt die Kieselsäure in Leinwand ab. Die Kieselflußsäure muß in Hartgummiflaschen aufbewahrt werden, da sie Glasflaschen stark angreift. — Th. W. Cappon¹⁾ will technisch Kieselflußsäure bereiten, indem er das Fluorsilicium in wässrige Flußsäure leitet. Hierdurch wird die Kieselsäure, die sich im Wasser ausscheiden würde, noch zu Kieselflußsäure gelöst: $\text{H}_4\text{SiO}_4 + 6\text{HF} = \text{H}_2\text{SiF}_6 + 4\text{H}_2\text{O}$ (Amerikan. P. 461665). — F. J. Homeyer²⁾ stellte fest, daß Kieselflußsäure und ihre Salze in hohem Grade gährungswidrig wirken. So ließ sich 10proc. Traubenzuckerlösung mit 4% Hefe bei 30 — 35° wochenlang ohne Gährung aufbewahren, nachdem man 0.1 — 0.5% Kieselfluorcalcium zugesetzt hatte. Schon im Jahre 1887 hatte W. Thomson die Behauptung ausgesprochen, daß Kieselfluornatrium Na_2SiF_6 zu den stärksten Desinfectionsmitteln gehöre. Dies bestätigen E. Berens³⁾ und H. E. Vaughan⁴⁾. Das Salz wirkt gegen Gährung und Fäulniß energischer als Sublimat oder Carbonsäure, ist dabei nicht giftig und braucht nach Berens nur in 0.1procentiger wässriger Lösung angewendet zu werden. Vaughan empfiehlt Lösungen von 5 — 16 Gr. des Salzes auf 1 Lit. Wasser und findet solche Lösungen ganz besonders für die Zahnheilkunde ihrer starken desinfectirenden Wirkung wegen geeignet.

Kieselsäure und Silicate. — Wird krystallisirtes Siliciumdioxid (SiO_2) geschmolzen, so bildet sich nach D. Lindo⁵⁾ eine glasige Masse, die man in feine Fäden ausziehen kann und die beim Erstarren klar bleibt, aber nicht mehr krystallinisch ist. Bei der Zersetzung von Silicaten erhält man SiO_2

1) Chemik. Ztg. 15. 1891. S. 1640.

2) Ebenda 14. 1890. Rep. S. 8.

3) Chem Centralbl. 60. 1. 1889 S. 226.

4) Scient. Am. 62. 1890 p. 246.

5) Chem. News 50. 1884 p. 25.

als weißes erdiges Pulver. Dasselbe besteht aus amorpher weißer Kieselsäure, welche in dünnen Schichten durchscheinend ist, oder aus glasiger Kieselsäure, die Körnchen mit scharfen Ecken und Kanten bildet und völlig durchsichtig ist, oder aus einer Mischung von beiden. Diese Beobachtungen lassen sich nur mit dem Mikroskope machen. Zersetzt man das Silicat mit starker Säure ohne nachfolgende Zugabe von Wasser oder gibt man nachträglich wenig Wasser zu und dampft zur Trockne, so erhält man die amorphe Form. Löst man das Silicat erst in viel Wasser, gibt dann Säure zu und verdampft, so entsteht glasige Kieselsäure. Bei wenig Wasser und ungenügendem Säurezusatz bilden sich Gemische. Löst man vollständig in Säure und dampft ohne Umrühren ein, so kann man die glasigen Körnchen schon mit bloßem Auge erkennen, und die ausgewaschene Kieselsäure sieht dann wie gestoßenes Glas aus. Die glasige Säure hält Wasser zurück, wenn sie nicht ganz rein ist, und zwar auch nach dem Glühen im Gebläse. Kieselsäure aus $3\text{SiF}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ wird durch Glühen in glasiges Siliciumdioxid verwandelt, während amorphes SiO_2 durch Erhitzen nicht in glasiges verwandelt werden kann. — R. de Kroustchoff hat künstliche Quarzkryställchen erzeugt¹⁾, indem er eine dialysirte Kieselsäurelösung mit 10% SiO_2 in einem halb gefüllten Kolben bis 250° erhitzte. Die Kryställchen, welche sich abschieden, zeigten die Form des Bergkrystalls und waren bis zu 1 mm lang. Auf einem etwas andren Wege konnten auch rhombische Blättchen von SiO_2 gewonnen werden. — E. Landrin²⁾ macht Mittheilungen über „hydraulische Kieselsäure“. Man erhält dieselbe, wenn man Kaliumwasserglas mit Salzsäure zersetzt, die ausgeschiedene Kieselsäure wäscht, bei dunkler Rothgluth trocknet, wieder wäscht u. s. w., bis alles Alkali beseitigt ist. Diese Kieselsäure gibt mit 1 — 3 facher Menge Kalk ein Gemisch, welches unter Wasser erstarrt. Gibt man noch Quarz zu, so erfolgt die Bindung des Kalks ebenfalls, und man hat einen echten hydraulischen Mörtel. 30 Thl. hydraulische Kieselsäure nehmen unter Wasser in 4 Tagen 23.9 Thl. Kalk auf und vermögen also 622 mal ihr eigenes

1) Compt. rend. 104. 1887. p. 602.

2) Ebenda 96. 1883 S. 156. 841.

Gewicht an Kaltwasser zu neutralisiren. Sonach gehört die hydraulische Kieselsäure zu den stärksten Pouzzolanen. Die bei der Darstellung der Kieselflußsäure erhaltene Kieselsäure zeigt keine hydraulischen Eigenschaften; sie nimmt den Kalk viel zu langsam auf. Gallertartige und lösliche Kieselsäure binden dagegen ebenfalls Kalk. Die entstehende Verbindung entspricht in allen Fällen am besten der Formel $4\text{CaO}, 3\text{SiO}_2$. Wahrscheinlich ist die hydraulische Kieselsäure die Ursache des Erhärtens von Cement. — Die lösliche Kieselsäure wird nach Graham erhalten, indem man eine verdünnte Wasserglaslösung mit Salzsäure versetzt und dialysirt. Nach E. Grimaux ist es bequemer, von dem Methylsilicat $(\text{CH}_3)_4\text{SiO}_4$ auszugehen.¹⁾ 8 Gr. davon werden am Rückflußkühler mit 200 Gr. Wasser gekocht. Schließlich treibt man ein Viertel der Flüssigkeit ab, um den freigemachten Methylalkohol zu beseitigen. Der Rückstand ist eine Kieselsäurelösung mit 2.26 % SiO_2 . Dieselbe ist sehr beständig und wird durch Kohlensäure nicht, wohl aber durch Kochsalz oder Kaliumsulfat zum Gerinnen gebracht. Erst nach etwa 5 wöchentlichem Stehen gerinnt die Lösung von selbst. Das Gerinnen hängt übrigens vom Wassergehalt der Lösung ab: je mehr Wasser, desto schwerer tritt die Coagulation ein. — Eine fadenförmige Kieselsäure von der Formel $\text{H}_2\text{O}, 3\text{SiO}_2$ gewann A. Terreil²⁾, als er einen canadischen Chrysolit mit kochender Salzsäure aufgeschlossen und den Rückstand ausgewaschen hatte. Die rückständige Kieselsäure bildete glänzend weiße Fäden, die auch nach dem Glühen biegsam wie Seide blieben. Alle Serpentine sollen beim Kochen mit Säure solche fadenförmige Kieselsäure hinterlassen. — S. Hager stellt eine präcipitirte krystallinische Kieselsäure³⁾ von der Formel $3\text{H}_2\text{O}, \text{SiO}_2$ oder $4\text{H}_2\text{O}, \text{SiO}_2$ her, indem er sogenannte Kiesalksteine in Salzsäure löst, abfiltrirt und zum Filtrat soviel 29 — 31 procentige Salzsäure setzt, daß Trübung stattfindet. Nach 24 stündigem Stehen hat sich die Kieselsäure abgesetzt und wird durch Decantiren, Filtriren und Auswaschen gereinigt, dann aber auf Porzellan lufttrocken gemacht. Diese Säure ist leichter löslich als die amorphe

1) Compt. rend. 98. 1884 p. 1434.

2) Bull. Soc. Chim. (N. S.) 43. 1885 p. 217.

3) Chem. Centralbl. (3) 19. 1888. S. 461.

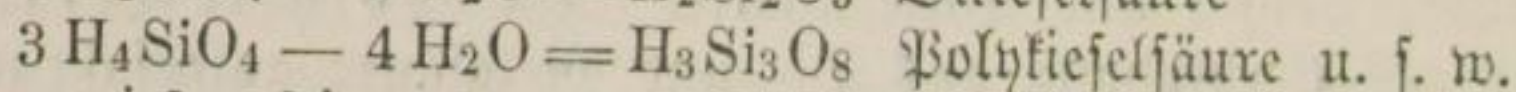
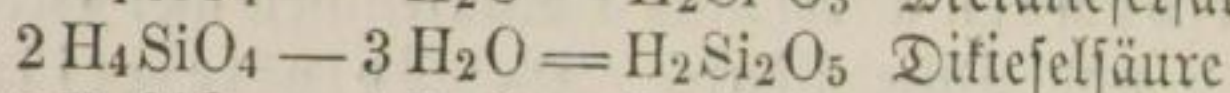
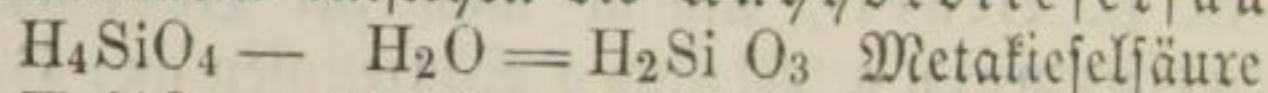
und als indifferentes Deckmittel für Wunden oder innerlich gegen Carcinom und Diabetes verwendbar. — Die gallertförmige Kieselsäure läßt sich nach J. M. v. Bemmel¹⁾ darstellen 1. durch Fällen aus Wasserglas mit Säure, 2. durch Zersetzung von Methylsilicat, 3. durch Zersetzung von SiCl_4 oder 4. von SiF_4 . Die erste Sorte absorbiert und verliert das Wasser am leichtesten, in welcher Eigenschaft auch nach dem Trocknen bei 100° keine Aenderung eintritt. Die zweite Sorte ist in Lösungen am beständigsten, hält das Wasser am längsten zurück, verliert aber beim Trocknen bei 100° die Fähigkeit, Wasser zu absorbiren, fast vollständig. Die letzte Sorte endlich ist am voluminösesten und hält bei gewöhnlicher Temperatur in Luft die geringste Spur Wasser zurück, so daß man glauben muß, das Wasser werde nur mechanisch absorbiert.

Nach G. F. Becker²⁾ nimmt man zur Berechnung der Silicatformeln gewöhnlich 4 Säurestufen an: Ortho-, Meta-, Poly-, und Dikieselsäure. Die Polykieselsäure kann als Verbindung aus Di- und Metasäure aufgefaßt werden: $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{SiO}_3 = \text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_8$. Die Dikieselsäure ist nur in zwei Mineralien vertreten (Petalit und Milarit), weshalb man die Metakieselsäure sich als aus Ortho- und Polykieselsäure entstanden denken kann: $\text{H}_4\text{SiO}_4 + \text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_8 = 4 \text{H}_2\text{SiO}_3$. Die Metasilicate eines Metalles sind beständiger als die Orthosilicate. Verbindet sich also ein Molekül eines Orthosilicats mit einem Molekül eines Polysilicates, so muß ihre Vereinigung von einer Wärmeentwicklung begleitet sein. Die Verbindung wird beständiger sein als ihre nächsten Bestandtheile. Die Dikieselsäure kann als eine Polykieselsäure betrachtet werden, aus der Orthokieselsäure abgeschieden ist: $3 \text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_8 - \text{H}_4\text{SiO}_4 = 4 \text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$. Dagegen gibt es nach Rosmann nur zwei Kieselsäuren: die Orthokieselsäure $\text{SiO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{Si}(\text{OH})_4$, und die Metakieselsäure $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{SiO}(\text{OH})_2$. Bei der Bildung anderer Säuren kann es sich nur um eine Polymerisation oder eine Addition der einfachen Säuren handeln, in der Weise, daß jedes weitere

1) Chem. Centralbl. 19. 1888. S. 1255.

2) Berg- u. Hüttenm. Ztg. 48. 1889. S. 403.

hinzutretende Säuremolekül in der einfachen Säure oder dem Salze aufgelöst und gleichsam in die Stellung einer Base zu ersteren getreten ist (?). Mit dem Eintritt ferner Säuremoleküle vollziehen sich molekulare Verschiebungen in der Säure oder dem Silicate. Die hierdurch eintretende Polymerisation braucht aber nicht aus der Constitution einer neu sich bildenden Säurestufe erklärt zu werden; vielmehr genügt die Annahme einer eigenthümlichen Atomgruppierung im Silicat. Unwahrscheinlich ist also auch die Annahme einer Polykieselsäure. Die Salze derselben wie der Dikieselsäure reihen sich den Ortho- und Metasilicaten an und könnten als Silicitsilicate bezeichnet werden. — Die chemische Auffassung der Silicate scheint dem Berichterstatter die einfachste zu sein: es existirt zunächst eine Orthokieselsäure H_4SiO_4 und durch Wasseraustritt aus einen oder mehreren Kieselsäuremolekülen entstehen die Anhydrokieselsäuren, z. B.



Hingewiesen sei noch auf die von Goldschmidt¹⁾ ausgesprochenen Ansichten über Silicatformeln. Die Krystalle entstehen nicht direct aus den Molekülen, sondern diese gruppieren sich erst zu „Partikeln.“ Die Partikel ordnen sich dann zum Krystall. Während die Chemie sich mit dem Molekül und seinem Aufbau, die Krystallographie mit dem Krystall und seinem Aufbau beschäftigt, hat die „Metachemie“ den Zweck, den Bau der Partikel aus Molekülen zu studiren. Die chemische Formel kommt nur dem Moleküle zu, aber nicht dem Partikel, für den sie nur einen Durchschnittswerth veranschaulichen würde. Für die Constitutionsformeln der natürlich vorkommenden Silicate empfiehlt Goldschmidt die Zugrundelegung der Reihe: SiO_2 , Si_2O_4 , Si_3O_6 , Si_4O_8 , Si_5O_{10} und vielleicht auch Si_6O_{12} . Das Silicium ist dabei wahrscheinlich durch Al, Fe u. s. w. vertretbar.

Ueber eine Kieselphosphorsäure²⁾ berichten P. Hautefeuille und J. Margottet. In geschmolzene Meta-

1) Chemif. Ztg. 13. 1889 S. 1287.

2) Compt. rend. 96. 1883 p. 1052. — 104. 1887 p. 56.

phosphorsäure wird Kieselsäure (aus SiF_4 dargestellt) im getrockneten aber nicht calcinirten Zustande eingetragen. Es entsteht eine Verbindung $\text{P}_2\text{O}_5, \text{SiO}_2$, die sich in überschüssiger geschmolzener Metaphosphorsäure nur sehr wenig auflöst. Trägt man bei $700-800^\circ$ fortgesetzt Kieselsäure ein, so scheiden sich durchsichtige farblose Octaëder aus, welche Glas ritzen und die Dichte 3.1 bei 14° besitzen. Uebrigens vermag die Kieselsäure in 4 verschiedenen Krystallformen aufzutreten. Erhitzt man die Schmelze mehrere Tage auf 125° , so scheiden sich kugelige Massen ab, besonders wenn man jede Uebersättigung der Metaphosphorsäure vermieden hat. Wird die noch flüssige Schmelze auf vorgewärmtes poröses Porzellan gegossen, so wird der flüssige Antheil aufgesaugt und es hinterbleibt ein krystallinisches Pulver. Dasselbe zerfällt in feuchter Luft, wird von Wasser von 0° rückstandslos aufgelöst und durch Wasser von gewöhnlicher Temperatur in Phosphorsäure und Kieselsäuregallerte zerlegt. Das krystallinische Pulver hat die Zusammensetzung $4\text{H}_2\text{O}, \text{SiO}_2, 2\text{P}_2\text{O}_5$. — J. Hirschwald untersuchte das Verhalten der Kieselsäure in Phosphorglas¹⁾ (Perle von Natriummetaphosphat, erhalten durch Schmelzen von Phosphorsalz $\text{NH}_4\text{NaHPO}_4$). Er fand, daß die Löslichkeit der Kieselsäure in reinem Phosphorglas nicht unerheblich ist. Die Grenze der Löslichkeit ist erreicht, sobald Pyrophosphatkrystalle auftreten. Beim Einschmelzen von Silicaten entstehen wahrscheinlich kieselsäurehaltige Salze. Auch sind alle Silicate in Phosphorglas mehr oder weniger löslich, wenn man sie als feinstes Pulver einführt. Kieselsäurereichere Verbindungen sind leichter zersezbar als kieselsäurearme. Zeolithe lösen sich selbst als grobes Pulver vollständig klar. Das Opalisiren der Perle hat meist seinen Grund in Veränderungen, welche das Phosphorglas durch lange andauerndes Schmelzen erfährt. Die bekannte „Kieselstelettreaction“ ist also keineswegs besonders sicher.

Interessant ist die von G. Rousseau und G. Tite gemachte Beobachtung von der Existenz einer Salpeterkieselsäure²⁾. Erhitzt man nämlich Silbernitrat mit Wasser und

1) Journ. f. prakt. Ch. 149. 1890. S. 360.

2) Compt. rend. 114. 1892 p. 294.

Marmorstücken in einer zugeschmolzenen Glasröhre mindestens 60 Stunden lang über 300° , so setzen sich an den Röhrenwandungen rubinrothe Krystalle von der Zusammensetzung $7\text{Ag}_2\text{O}$, 3SiO_2 , N_2O_5 an, deren Kieselsäure dem Glase entstammt. Auch wenn man ein Gemisch von bei 100° getrockneter Kieselsäure mit trockenem Silbernitrat mehrere Stunden bei $350-400^{\circ}$ verschmilzt (in silbernem Gefäße), bekommt man das Salz, doch in viel kleineren Krystallen. Bei dunkler Rothgluth geben die Krystalle nitrose Gase ab und hinterlassen ein Gemisch aus Silber und einem sauren Silber-silicat. Das Silber-salpeter-silicat ist in verdünnter Salpetersäure leicht löslich, wird aber durch Salzsäure sofort zer-setzt unter Abscheidung von Chlorsilber.

Das einzige technisch bereitete Silicat ist das Wasser-glas¹⁾, welches als Natron- oder Kaliumwasserglas hergestellt wird. Die Fabrikation des ersteren geschieht wie folgt. 100 Thl. Sand, 60 Thl. wasserfreies Glaubersalz und 25 Thl. Kohle werden im Flammofen verschmolzen. Da bei hoher Temperatur aus Natriumsulfat und Kohle Kohlenoxyd und Schwefelnatrium entsteht, letzteres aber die Wandungen des Ofens stark angreift, so muß der Ofen sehr sorgfältig gebaut sein. Die Sohle wird mit feuerfesten Steinen gefüttert, die Wände werden durch Kopfsteine aus sehr gleichmäßigem, feinkörnigen Sandstein gebildet. Sohl- wie Seitensteine müssen mit kleinen Fugen gelegt werden, da sie sich bei der Schmelzung der eingetragenen Massen stark ausdehnen. Der Schmelzraum soll 7 m lang, 1 m breit, 0.3 m hoch und nach der Abstichöffnung hin geneigt sein. Das Gewölbe des Herdes wird aus feuerfesten Steinen gemauert und muß verschließbare Füllöffnungen besitzen. Die Charge beträgt 2250 kg, die Schmelzdauer 12 Stunden. Geheizt wird mit Generatorgas. Der Abstich erfolgt an der heißesten Stelle des Ofens, also da wo die Stichflamme der Generatorgase in den Ofen eintritt. Ist die Schmelze völlig flüssig, so läßt man sie auf eiserne Platten ausfließen und erstarren. Darauf zerkleinert man das rohe Wasserglas auf Disintegratoren und löst es in Kochern von 30000 Lit. Inhalt im Wasser mit Hülfe von gespanntem Dampfe auf. Die Lösung kommt in Klärbottiche aus Eisen und wird hier, noch warm, mit Chlorkalkauszug ver-

1) Dtsch. Ind. Ztg. 27. 1886. S. 244.

setzt. Dadurch wird Na_2S in Na_2SO_4 verwandelt, welches sich mit dem Kalk umsetzt. Nach dem Absitzen zieht man das Klare auf große eiserne Pfannen ab und dampft hier auf 40 bis 60°B ein. Die Abdampfung darf nicht unterbrochen werden, da sich sonst eine sehr störende Haut auf der Flüssigkeit bildet. Die Heizung der Pfannen geschieht mit den Abgasen des Flammofens.

Das Wasserglas ist ein Hauptmaterial für die Mineralmalerei¹⁾, deren Erfinder A. Reim ist (D. R.-P 19210). Auf die Mauer kommt ein Untergrund aus gelöschtem Kalk, Sand und Wasser, nach dessen Trocknung man mit rauhem Sandstein abreibt. Hierauf wird der Grund mit Kaliwasserglas getränkt. Den Malgrund stellt man mit einem Gemische aus 4 Thl. Quarzsand, 3.5 Thl. Marmor sand, 0.5 Thl. Infusorienerde, 1 Thl. Aetzalkali und der nöthigen Menge destillirtem Wasser her. Ist er getrocknet, so trinkt man ihn mit Kieselflussäure. Die Farben werden mit Zusätzen versehen, welche die Silicatbildung befördern, und zur Verhütung des Nachdunkelns mit Alkalien ausgewaschen. Nachdem das Gemälde beendet ist, wird es mit einer heißen Lösung von Kaliwasserglas besprengt und nach dem Trocknen mit einer Lösung von kohlensaurem Ammon, dann mit Wasser gewaschen. Die Farben sollen durch dieses Verfahren gewissermaßen mineralisch mit dem Untergrunde verbunden werden und in Folge dessen großen Widerstand gegen Witterungseinflüsse besitzen, was die nach dem Reim'schen Verfahren ausgeführten Gemälde bisher auch bestätigt haben.

Aluminium.

Das Aluminium hat seinen Siegeslauf durch die Welt begonnen, und noch ist nicht abzusehen, welcher Verwendung es dauernd zugeführt werden wird, in welchen Richtungen es die Hoffnungen, die man auf seine Brauchbarkeit setzt, enttäuschen wird. Die Mittheilungen über das Metall, seine Darstellung und Eigenschaften haben sich in den letzten Jahren so angehäuft, daß wir einen Bericht darüber nicht umgehen

1) Dingl. p. 3. 248. 1883 S. 92.

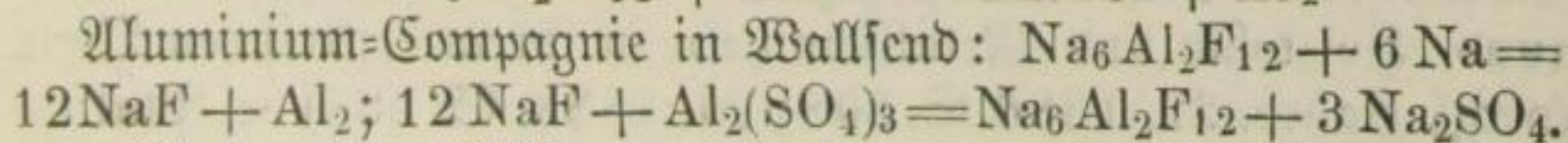
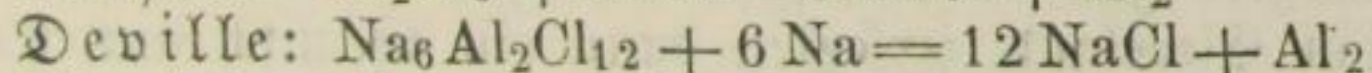
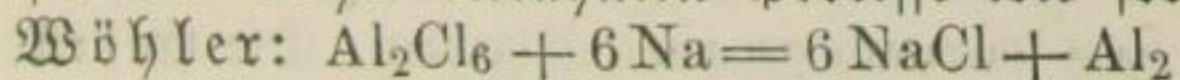
können, bei der Fülle des Stoffes uns aber auf das Wesentlichste beschränken müssen.

Wir beginnen mit einer geschichtlichen Uebersicht an der Hand zweier Vorträge, des einen von J. Claudy, des anderen von C. Winkler¹⁾. Das Aluminium wurde 1827 von Wöhler entdeckt, der es durch Reduction aus Aluminiumchlorid mit Hülfe von Kalium erhielt. Aber erst 1854 dachte Deville an eine technische Darstellung des Metalls. Er ging von der Reduction aus Natriumaluminiumchlorid durch Natrium aus und richtete die erste Aluminiumfabrik der Welt, die von Juvelle in Frankreich, ein. Das erhaltene Aluminium war aber zu unrein und zu theuer, als daß es sich einen bestimmten Markt hätte erobern können; selbst nach Einführung erheblicher Verbesserungen in der Fabrikationsmethode stellte sich sein Preis auf gegen 1000 Mark für 1 Kgr. was in dem hohen Natriumpreis begründet war (1 Kgr. Na = 300 Frank; zu 1 Kgr. Al waren 3 Kgr. Na nöthig). Die Fabrik in Juvelle hatte ursprünglich ein Monopol. Nachdem dasselbe aufgehoben worden war, entstanden verschiedene kleinere Fabriken. Die bedeutendste darunter war die von einer Gesellschaft unter Leitung von P. Morin 1858 in Nanterre bei Paris begründete, welche in die Hände von Merle u. Co. in Salindres überging. Hier wird noch heute Bauxit (mit 50% Al_2O_3) durch Soda aufgeschlossen und die so gewonnene reine Thonerde zur Aluminium-Darstellung nach Deville benutzt. In Washington bei New-Castle gründeten Bell u. Co. eine Fabrik, welche aber schon 1876 einging; dafür entstanden zwei andere Fabriken in England.

So lange nach dem Deville'schen Verfahren gearbeitet werden mußte, lag die Hauptaufgabe in der Auffindung eines billigeren Verfahrens der Natriumdarstellung. Darauf wies auch Weldon in einer ausführlichen Kritik des Wöhler-Deville'schen Processes hin (vergl. Jahrb. 21. 1885 S. 362). In dieser Hinsicht bedeutet das Verfahren von Castner einen bedeutenden Fortschritt (vergl. Jahrb. 24. 1888 S. 274). Man glüht Eisenoxyd mit Theer und erhält ein Eisencarbid, welches

1) Destr. Ztschr. f. B. u. H. W. 39. 1891 S. 221. — Chemik. Ztg. 16. 1892 S. 349.

ein gutes Reductionsmittel für Natrium liefert. Wird Natrium (5.6 Kgr.) mit dem Kohleneisen (1.97 Kgr.) in Stahl- oder Schmiedeeisengefäßen geglüht, so entsteht Natrium. Hierbei ist jedoch eine sehr hohe Temperatur nöthig, da zuerst auch Soda entsteht, die sich schwer reduciren läßt. Der bei mäßiger Hitze erhaltene Rückstand besteht nach B. Rosmann¹⁾ aus 77% Na_2CO_3 , 2% Na_2O , 19% Fe und 2% C und wird zur Gewinnung von Soda und Kohleneisen benutzt, während man das entweichende Natrium unter Petroleum auffängt. Netto hat den Proceß dahin abgeändert, daß er geschmolzenes Natrium auf glühende Kohlen tropfen läßt, wobei niedrigere Temperaturen erfordert und die billigeren Gußeisentiegel verwendet werden können. Das nach dem Castner'schen Verfahren hergestellte Natrium wurde auf den Werken der Aluminiumcompagnie in Oldbury bei Birmingham zur Darstellung des Aluminiums verwendet. Ein inniges Gemisch aus Thonerde und Kienruß wird im Chlorstrom erhitzt, wobei Natriumaluminiumchlorid abdestillirt. 36 Kgr. davon werden mit 11.79 Kgr. Natrium und 13.6 Kgr. Kryolithpulver innig vermischt und eingeschmolzen, wobei sich 3.63 Kgr. Aluminium ergeben. Dieses enthält allerdings nur 38% Al, der Rest ist vorwiegend Eisen und Silicium. Dagegen stellt die Alliance Aluminium Company in Wallfend bei New-Castle Natrium nach Netto her und benutzt zur Entbindung des Aluminiums ein Gemisch aus Kryolith und Kochsalz, auf welches das Natrium einwirkt. Das hierbei entstehende Fluornatrium wird durch Aluminiumsulfat wieder in Kryolith zurückverwandelt. Theoretisch verlaufen die bisher erwähnten Proceße wie folgt:



Neben der billigeren Gewinnung von Natrium spielte auch die billigere Beschaffung reiner Aluminiumsalze eine große Rolle. Besonders zu erwähnen ist hier der von J. Webster eingeschlagene Weg, aus Alaun und Theer ein reines Aluminiumoxyd zu gewinnen und dieses durch Calciniren mit Holz-

1) Chem. Centralbl. 60. 1. 1889 S. 328.

Kohle und Seesalz in das Natriumaluminiumchlorid zu verwandeln (vergl. Jahrb. 21. 1885 S. 363). Auch in diesem Falle bleibt aber das Natrium Reductionsmittel, welches auch nach Castner und Netto noch 2 Mark für 1 Kgr. kostet.

Thermochemische Untersuchungen ergaben, daß überhaupt die Reduction von Aluminiumchlorid durch Natrium unsparsam ist, es ergibt sich hierbei ein Wärmeüberschuß von 45·1 0/0, der ungenutzt verloren geht. Es war nun am nächstliegenden, die Reduction des Aluminiumoxyds durch die billige Kohle zu versuchen. Die Reaction müßte nach der Gleichung $Al_2O_3 + 3C = 3CO + Al_2$ verlaufen. Die theoretische Berechnung ergibt, daß um 103 Kgr. Thonerde + 36 Kgr. Kohlenstoff (das Reaktionsgemisch) auf 1° zu erwärmen, 38·9 Calorien, für den Vollzug der Reaction aber 303000 Calorien nöthig sind, was einer Temperatur von 7789° entspricht. Kohlenoxyd zerlegt sich aber schon über 4227°, so daß bei der Temperatur von 7789° die Kohle sich längst nicht mehr mit dem Sauerstoff der Thonerde verbinden und also auch nicht reducirend wirken könnte. Die Versuche, Thonerde durch Kohle zu reduciren, waren demnach von vornherein aussichtslos.

Man suchte nun nach andern Kräften, welche Aluminiumverbindungen unter Abscheidung des Metalls zersetzen könnten. Bekannt war, daß 1852 Bunsen durch Electrolyse von Natriumaluminiumchlorid das Aluminium gewonnen hatte. Seit 1884 benutzte H. Gräzel dieses Verfahren zur Gewinnung von Aluminium und Magnesium (vergl. Jahrb. 24. 1888. S. 275, 277), und zwar soll die Fabrik in Hemelingen bei Bremen längere Zeit darnach gearbeitet haben. Die Gebrüder Cowles in Cleveland zerlegten dann ein Gemisch aus Corund, Holzkohle und Metallschnitzeln in ihrem elektrischen Ofen (vergl. Jahrb. 22. 1886. S. 308; 24. 1888. S. 268) bei Platinschmelzhitze, erhielten aber nur Legirungen des Aluminiums mit dem zugesetzten Metalle. Der Proceß ist seit 1886 bei Milton in der Grafschaft Stafford, seit 1887 in Lockport (V. St.) im Gebrauch. Die erste Fabrik besitzt eine Dynamomaschine von 500 P-S. mit 5000—6000 Ampères und 50 bis 60 Volts und erzeugt täglich 90 Kgr. Aluminium in Form der Kupferlegirung. Die amerikanische Fabrik arbeitet mit

einer Wasserkraft von 1000 P-S Die Prozesse von Gräzel und von Cowles sind periodische. Ihre chemische Grundlage ist die Dissociation des Aluminiumoxyds durch Hitze. Diese Hitze wird zuerst dem Kupfer und der Kohle als den Leitern erster Classe übertragen, secundär dann der Thonerde. Der bei der Dissociation der letzteren frei werdende Sauerstoff wird an Stellen mit niederer Temperatur mit dem Kohlenstoff Kohlenoxyd geben und letzteres wird, wo es mit Aluminium zusammentrifft, dieses oxydiren. Hierdurch wird kleinere Ausbeute bedingt und der Kupferzusatz nothwendig gemacht.

Den bedeutendsten Fortschritt in der Aluminiumindustrie veranlaßte Héroult durch sein seit dem Jahre 1888 angewendetes Verfahren der Elektrolyse von geschmolzener Thonerde. Der Apparat besteht aus einem Tiegel aus Retortenkohle mit Abstichrinne am Boden. Er wird von einem leitend mit ihm verbundenen Eisentiegel umgeben, der gut vom Boden isolirt ist. Der Kohletiegel bildet den positiven Pol. Ursprünglich wurde er mit einem Gemische aus Thonerde und einem Metall, z. B. Kupfer, beschickt, hierauf mit Graphitplatten abgedeckt. Durch eine Oeffnung der letzteren wird die negative Elektrode mit Hülfe einer Kette je nach dem gewünschten Stromwiderstand tiefer oder minder tief eingesenkt; sie besteht aus dicht aneinander gelegten, durch einen Rahmen zusammengehaltenen Metallplatten, z. B. aus Kupfer. Neuerdings wird die positive Elektrode durch ein Kohlenbündel gebildet. Sie taucht in das geschmolzene Aluminiumoxyd, welches sich im Kohletiegel befindet. Dieser in Verbindung innen mit dem reducirten und geschmolzenen Aluminium, außen mit dem Gußeisentiegel, gibt die negative Elektrode ab. Die Ionen werden hier sofort getrennt, insofern der Sauerstoff sich am positiven Pole, das Aluminium aber am negativen Pole ansammelt. Das Verfahren gestattet einen continuirlichen Betrieb und wird gegenwärtig im großen Maßstabe von der Aluminium-Industrie-Actiengesellschaft zu Neuhausen in der Schweiz ausgebeutet. Es wird hier der Rheinflall als Betriebskraft ausgenutzt, und zwar sind Jonval-Turbinen angeordnet, zwei zu 600 und eine von 300 P-S. Sie betreiben zwei Dynamogleichstrommaschinen von 14000 Ampères und 30 Volts und eine von 3000 Amp. und 65 Volts. Dazu

kommt noch eine alte Anlage von 6000 Amp. und 16—20 Volts, so daß die Fabrik über 1½ Mill. Watts verfügt. Ebenfalls nach dem Héroult'schen Verfahren arbeitet eine Fabrik der Société électrometallurgique française in Forges (Dep. Isère) in Frankreich. Das amerikanische Patent von Ch. M. Hall ist dem Héroult'schen nachgebildet; auf seine Ausnutzung ist die amerikanische Pittsburgh Reduction Company seit 1888 bedacht.

Neu ist die Methode von A. Minet, welche auf der letzten Pariser Ausstellung zuerst bekannt wurde. Bei ihr wird ein geschmolzenes Gemisch aus 30—40 % Natriumaluminiumfluorid (Kryolith) mit 70—60 % Kochsalz durch einen Strom von 4—5 Volts Spannung zerlegt. Das frei gemachte Fluor wird in im Wasser aufgeschwemmte Thonerde geleitet und hierdurch bis zu 60 % wiedergewonnen. Der Tiegel würde von dem Fluor sehr stark angegriffen werden, weshalb er für Darstellung von Al in Zweigleitung mit der Kathode, für Herstellung von Legirung aus dem mit Al zu legirendem Metalle gefertigt ist. Das Verfahren wird von Bernhard in Creil (Dise) ausgenützt. Zu bemerken ist schließlich noch, daß die auf Aluminium verarbeitete Thonerde fast ausschließlich von der chemischen Fabrik Goldschmieden zum Preise von 60 Pf. für das Kilogramm (ab Berlin) geliefert wird. Zu 1 Kgr. Al sind etwa 2 Kgr. Thonerde nöthig. Die Kosten der Elektrolyse betragen ungefähr ebensoviel wie die der Thonerde. Mit Einrechnung des allgemeinen Aufwands der Fabrikation wird sich demnach unter jetzigen Verhältnissen nach E. Winkler 1 Kgr. Aluminium im günstigsten Falle für 2,60 bis 2,70 M. herstellen lassen.

Castner'sches Verfahren¹⁾. Wie schon erwähnt, wird dieser Proceß von der Aluminium-Compagnie in Oldbury mit Erfolg angewendet. Er besteht im Wesentlichen aus einer verbesserten Anwendung des Wöhler-Deville'schen Verfahrens unter Benutzung von billiger hergestelltem Natrium. Das Natrium wird durch Einwirkung von Eisencarbid auf geschmolzenes Natriumcarbonat erhalten: $6 \text{NaOH} + \text{FeC}_2 = \text{Na}_2 +$

1) Ztschr. f. angew. Ch. 1888 S. 588. — Dingl. p. J. 275. 1890 S. 323.

$2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2 + \text{Fe}$. Während man früher bei Reduction von Natrium durch Kohle sich ängstlich vor dem völligen Flüssigwerden der Masse hüten mußte, damit nicht Scheidung von Natrium und Reductionsmittel nach dem specifischen Gewichte stattfinden könne, ist jetzt diese Gefahr durch Benutzung des Eisencarbid's ausgeschlossen. Auch ist der Proceß nach Castner bei viel niedrigerer Temperatur zu führen, als nach den älteren Methoden. Ein Verlust liegt allerdings in der Bildung von Soda. Das Eisencarbid erhält man durch Erhitzen von schmelzendem Pech mit Eisenspähen. Es bildet eine coßartige Masse, die man zerkleinert und mit Natrium $1\frac{1}{2}$ Stunde lang auf 800° erhitzt. Die hierzu verwendeten stählernen Tiegel sind zweitheilig. Die untere, tiegelförmige Hälfte steht auf einer Platte, mit der sie gehoben und gesenkt werden kann; die obere Hälfte oder Haube hat einen aufsteigenden Hals mit röhrenartigem Fortsatz außerhalb des Ofens. Wird die beschickte untere Tiegelhälfte gehoben, so schließt sie luftdicht an die Haube an und verschließt ebenso die Oeffnung des Ofens, durch welche sie eintrat. 20 solcher Tiegel stehen in demselben Ofenraum, der eine Wilson'sche Regenerativgasfeuerung besitzt. Die Natriumdämpfe entweichen durch den Hals des Tiegels und den Röhrenansatz außerhalb des Ofens nach eisernen Vorlagen, in denen sie sich verdichten. 6 Theile Natrium liefern 1 Th. Natrium und 5 Thl. Natriumcarbonat; letzteres bleibt im Rückstand, von dem es 80% ausmacht, während 20% Eisen darin enthalten sind. Der Rückstand wird ausgelaugt; die Lauge geht in die benachbarte Sodafabrik von Chance. Das Natriummetall wird aus den Condensatoren zur Gießerei gebracht, wo man es umschmilzt und in große Blöcke gießt. Zur Aluminiumchloridgewinnung dienen 12 Oefen mit Regenerativfeuerung (6.5 m hoch, 10 m lang, 5 m breit). Jeder Ofen enthält 5 Retorten, die mit einem Gemisch aus Thonerde, Kochsalz und Kohle beschickt werden. Dieses Gemisch ist im feuchten Zustande durch Maschinenkraft zuvor in massive Cylinder gepreßt worden, welche man in Stücke von 8 cm Länge schneidet und nach dem Trocknen in die Retorten füllt. Man erhitzt bis zur richtigen Temperatur und leitet dann durch ein mit Druckregulator versehenes Rohr Chlorgas ein. Nach Verlauf

von 2 Tagen ist alles Aluminiumchlorid abdestillirt und in dem hinter den Retorten stehendem, gemauertem Verdichtungsraum als krystallinische Masse angesammelt: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaCl} + 3\text{C} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{NaAlCl}_4 + 3\text{CO}$ (gewöhnlich wird für das Natriumaluminiumchlorid die Formel Na_3AlCl_6 oder $\text{Na}_6\text{Al}_2\text{Cl}_{12}$ angenommen). Die 60 Retorten liefern täglich 2700 Kgr. Doppelchlorid, welches man aus dem Verdichtungsraum in luftdicht schließende Fässer von 2 t Inhalt abfüllt, damit es nicht an der Luft zerfließt. Es enthält mindestens 0.3% Eisen, gewöhnlich 0.4%, weshalb es gereinigt werden muß. Die Reinigung soll in der Weise geschehen, daß man das Aluminiumchlorid (auch Natriumaluminiumchlorid) im geschmolzenen Zustande durch eine Reihe von geheizten Behältern führt, in denen Zwischenwände so angebracht sind, daß die flüssige Masse einen weiten Weg zurücklegen und abwechselnd auf- und abwärts fließen muß. In die durch die Zwischenwände gebildeten Zellen tauchen Elektroden, die von elektrischen Strömen durchflossen sind, und zwar wächst die Stärke des Stroms von der ersten bis zur letzten Zelle an. Die aus Kohle hergestellten Anoden werden von dem entwickelten Chlor nicht zerstört; die Metallkathoden bedecken sich mit dem Eisen des durch die Elektrolyse zerlegten Eisenchlorids¹⁾.

Die Gewinnung des Aluminiums geschieht in einem großen Reverberirofen von länglicher, badewannenähnlicher Form. Der schräge Herd hat etwa 2 qm Fläche. Zunächst wird mit Gas bis auf 1000° gebracht. Hierauf bringt man 40 Kgr. Doppelchlorid + 15 Kgr. gemahlener Kryolith auf ein Gestell über den Ofen und schneidet mit einer Maschine dazu 12.5 Kgr. Natrium in dünne Scheiben. Nach möglichst inniger Mischung läßt man das Ganze durch einen Trichter auf den Herd des Ofens fallen, nachdem alle Luft- und Heizgaszugänge abgesperrt worden sind. Die Reaction beginnt sofort. Nach einiger Zeit läßt man wieder Heizgas zuströmen und erhält 2 Stunden lang in mäßiger Gluth, worauf man das Metall in Formen absticht. Die Schlacke wird gesondert alle $\frac{5}{4}$ Stunden abgezogen. Der einmalige Einsatz von obigen Mengen liefert 4 Kgr. Aluminium; man kann aber etwa 30 mal so viel auf

1) Chemik. Ztg. 15. 1891 S. 261.

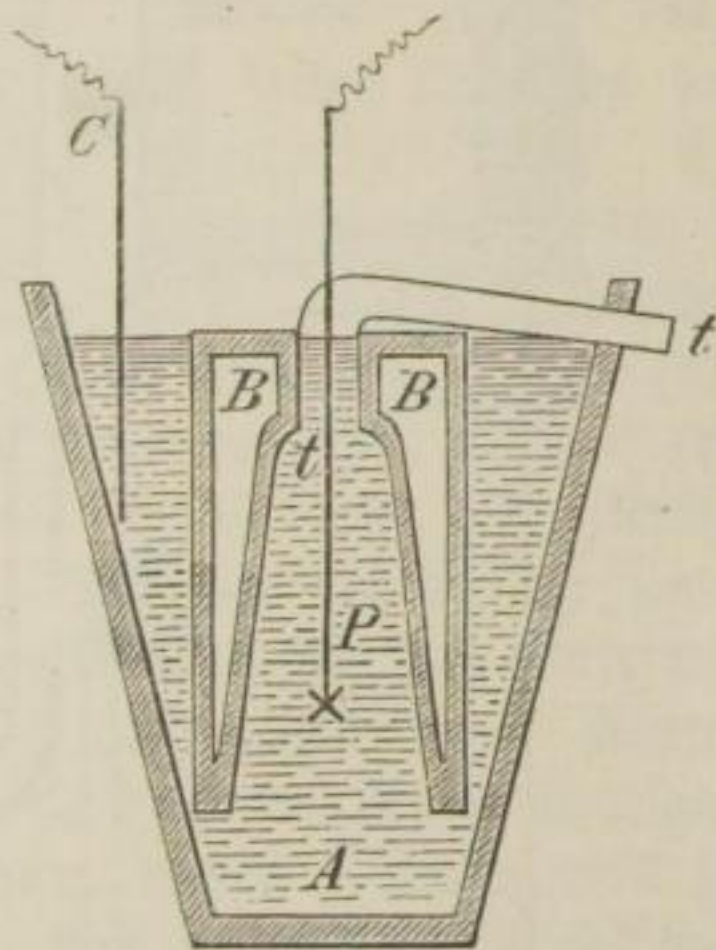
einmal einfüllen. Das Aluminium wird in 0.5 Kgr. schwere Barren gegossen. Die Angaben, welche Rosmann über den Proceß gemacht hat, sind in einigen Punkten abweichend (s. o.).

Grabau'sches Verfahren¹⁾. — Nach L. Grabau (D. R.-P. 47031, 49311) ist das Aluminium, welches im Castner-Proceße gewonnen wird, sehr unrein, eine nachträgliche Reinigung des Metalls aber schwierig. Die Ursache der Verunreinigungen ist darin zu suchen, daß geschmolzene Aluminiumverbindungen alle feuerfesten Schmelzgefäße angreifen und hierbei silicium- und eisenhaltig werden. Bei der Reduction gelangt dann das Silicium und Eisen in's Aluminium. Diese Uebelstände sind nach Grabau durch Reduction von ungeschmolzenem Aluminiumfluorid zu vermeiden. Außerdem bereitet Grabau nach seinem elektrolytischen Verfahren das Natrium angeblich für 1,50—2,00 Mark, was zur Verbilligung des Aluminiums wesentlich beiträgt.

Die Natriumdarstellung erfolgt in dem Tiegel A (Fig. 24), der mit geschmolzenem, in „besonderer Weise präparirtem“ Steinsalz beschickt wird. C ist die positive, P die negative Elektrode, letztere aus Eisen, erstere wahrscheinlich aus Kohle.

Ueber der in einen Stern auslaufenden negativen Elektrode befindet sich die doppelwandige Porzellanglocke B; die Höhlung derselben ist mit Luft gefüllt, welche isolirend wirkt. Oben tritt aus der Glocke das Rohr t aus. Das bei der Elektrolyse frei gemachte Natrium entweicht durch t (angeblich im flüssigen Zustande) nach einem mit Petroleum gefüllten Behälter. Die Darstellung des Aluminiumfluorids geschieht durch Wechselwirkung zwischen schwefelsaurer Thonerde und Flußspath: $3\text{CaF}_2 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{Al}_2\text{F}_6 + 3\text{CaSO}_4$. Man erwärmt den Fluß-

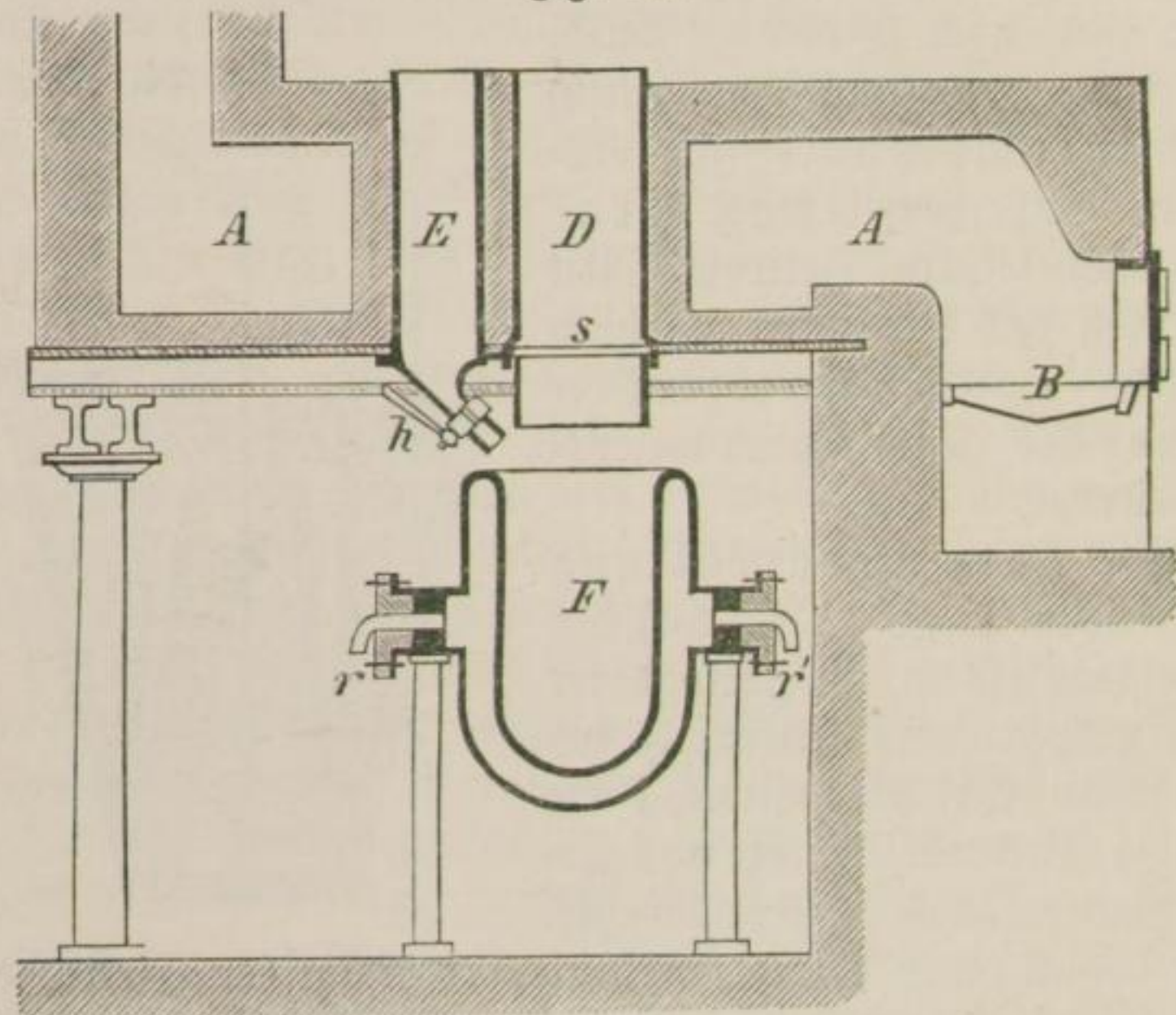
Fig. 24.



1) Ztschr. f. angew. Ch. 1889 S. 149. — Berg- u. Hüttenm. Ztg. 49. 1890. S. 424.

spath mit einer 10—13 procentigen Thonerdesulfatlösung unter Umrühren, bis 55% der Schwefelsäure durch Fluor verdrängt sind. Man hat jetzt die Verbindung $\text{Al}_2(\text{SO}_4)\text{F}_4$. Nach dem Absitzen zieht man die trübe Lösung ab, beseitigt ihren Eisengehalt durch Blutlaugensalz und filtrirt. Das Filtrat wird zur Syrupdicke eingedampft und nun mit feingepulvertem Kryolith vermischt. Das Gemisch wird endlich bei 150° getrocknet, der Rückstand in nußgroße Stücke zerschlagen und auf Rothgluth, jedoch ohne Schmelzung, erhitzt. Hierbei findet

Fig. 25.



folgende Reaction statt: $3\text{Al}_2(\text{SO}_4)\text{F}_4 + \text{Na}_6\text{Al}_2\text{F}_{12} = 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{Al}_2\text{F}_6$. Man wäscht mit Wasser aus, wobei alles Natriumsulfat, aber auch 15% Aluminiumfluorid weggelöst werden. Den Rückstand preßt man in Kuchenform, trocknet ihn und zerschlägt ihn in nußgroße Stücke.

Die Gewinnung des Aluminiums geschieht nun mit Hülfe des in Fig. 25 wiedergegebenen Schmelzofens. In den Ofen A sind die beiden mit Chamotte ausgekleideten eisernen Retorten D und E eingesetzt. D besitzt unten den Schieber s und E das Hahnenrohr h. Unter DE steht das Reductions-

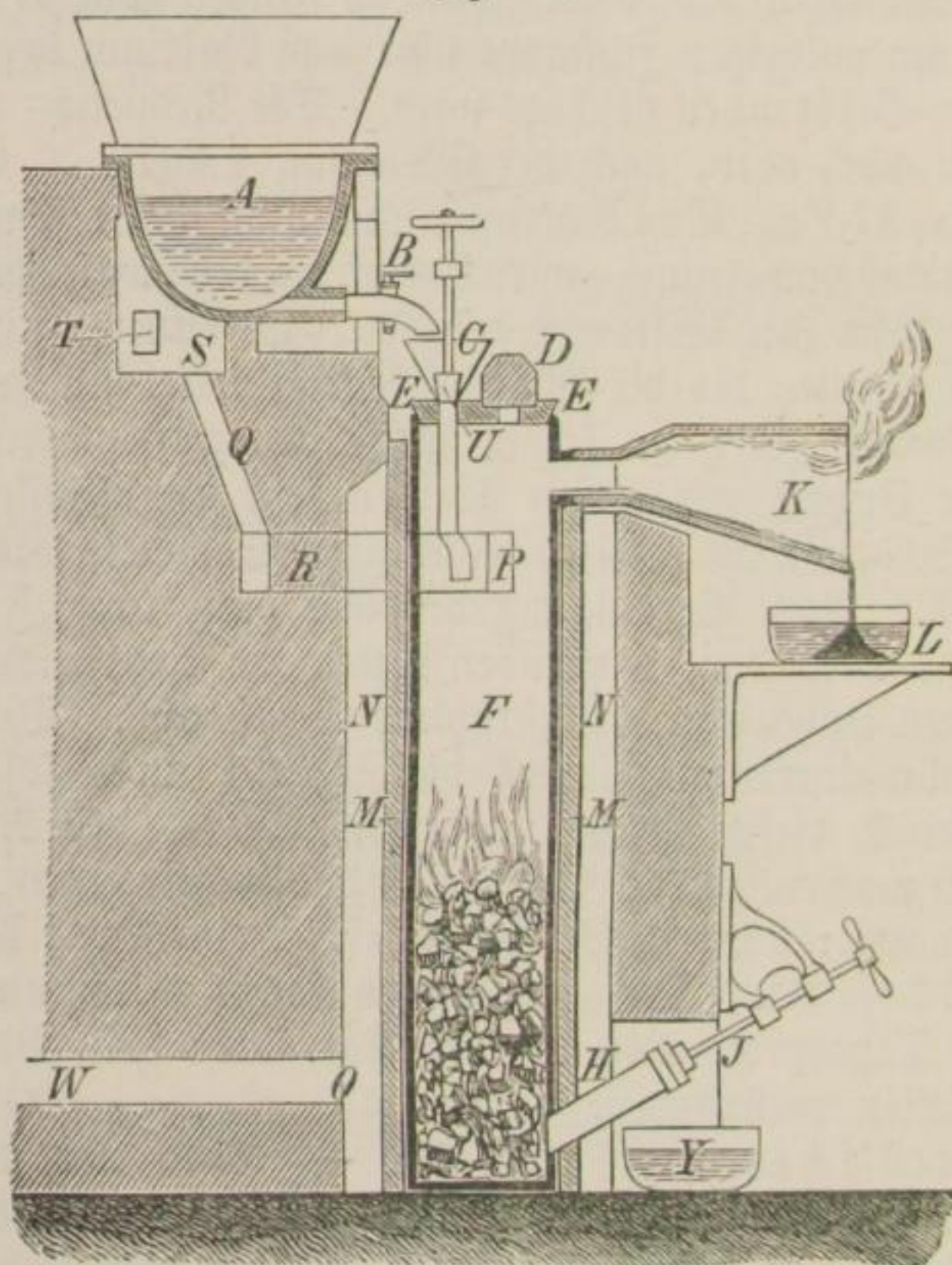
gefäß F, welches mit Doppelwandung für Wasserkühlung versehen ist; das Kühlwasser geht von r nach r'. Dabei ist F um seine Horizontalachse drehbar gelagert. Von der Feuerung B aus macht man zunächst die beiden Retorten D und E rothglühend. Darauf wird D mit Aluminiumfluorid gefüllt und dieses rothglühend gemacht. Jetzt schüttet man in E das nöthige Natrium (3Na für $1\text{Al}_2\text{F}_6$), läßt es schmelzen, dann durch h nach F ablaufen und schüttet nun das Fluorid aus D nach F. Es bleibt im pulverigen Zustande über dem Natrium liegen, das so vor dem Verbrennen geschützt wird. Die Reduction verläuft von unten nach oben, nach der Gleichung $2\text{Al}_2\text{F}_6 + 6\text{Na} = 2\text{Al} + \text{Na}_6\text{Al}_2\text{F}_{12}$. Das Natriumaluminiumfluorid schmilzt bei der Reactionstemperatur, wird aber an der wassergekühlten Wandung rasch zum Erstarren gebracht. Es bildet so eine etwa fingerdicke Kruste, die die Wärme schlecht leitet und von den Reactionsmassen in F in keiner Weise angegriffen wird. Da ferner der Inhalt von F im übrigen sehr dünnflüssig ist, so ist durch Schütteln alles Aluminium zum Sammeln am Boden zu bringen. Nach Beendigung der nur ganz kurze Zeit (angeblich nur Secunden) dauernden Reduction kippt man F und gießt seinen Inhalt in ein gekühltes Gefäß aus. Die Kruste des Natriumaluminiumfluorids bleibt gleich im Gefäße sitzen. Es soll durch diesen Proceß gelingen, 90 % des Natriums nutzbar zu machen. Nach Schön ist das so gewonnene Aluminium sehr rein: 0.06 % Si, 0.17 % Fe, eine Spur Mangan, also 99.77 % Al. Das Kilogramm dieses Aluminiums soll bei einer Tagesproduction von 20 Kgr. nur 11,46 Mark Herstellungskosten verursachen.

Netto'sches Verfahren¹⁾. — Bald nach der Entdeckung des Natriums durch Davy machte Curaudau die Beobachtung, daß Natrium durch Erhitzen mit Kohle reducirt werden kann. Der Hauptproceß verläuft nach der Gleichung $2\text{NaOH} + \text{C}_2 = \text{Na}_2 + 2\text{CO} + \text{H}_2$. Daneben spielt sich aber die Reaction $4\text{NaOH} + \text{C}_2 = \text{Na}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO} + 2\text{H}_2$ ab. Die im Nebenproceß entstehende Soda erfordert zu ihrer Reduction viel höhere Temperaturen als das

1) Ztschr. f. angew. Chemie 1888 S. 704. — Chem. News 60. 1889 p. 199.

Natron. Castner hat, wie schon erwähnt, als Reductionsmittel Kohleneisen benutzt, welches sich mit dem flüssigen Natron besser in Berührung erhält, als Kohle; aber die Soda-bildung hat er nicht verhindert und auf deren Reduction einfach verzichtet. C. Netto hat dieses Verfahren bei Verwendung von Kohle statt des Carbid's dadurch vervollkommnet, daß er

Fig. 26.



die erzeugte Soda sofort aus der Reaktionszone entfernt, dagegen ununterbrochen Natron im geschmolzenen Zustande zufließen läßt. Das Verfahren der Natriumdarstellung nach Netto (D. R.-P. 45105) wird in dem Fig. 26 skizzirten Apparate durchgeführt. In Behälter A wird Natron geschmolzen und fließt durch B in den Trichter C. Dieser Trichter sitzt im Deckel E der eisernen Retorte F, welche von D aus mit Kohlen beschickt wird. H ist die Abflußvorrichtung für

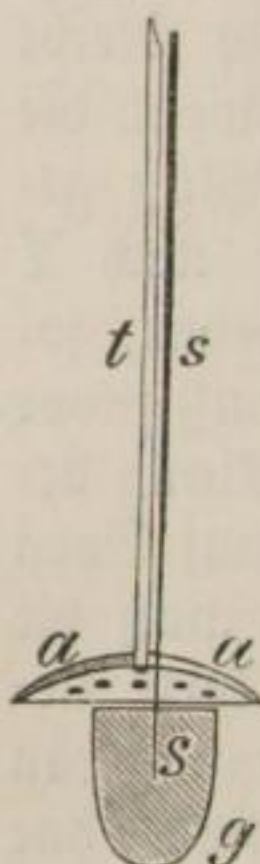
Soda; sie verhindert den Luftzutritt in die Retorte. Das reducirte Natrium entweicht nach dem Plattencondensator K, wird hier verflüssigt und fließt in das Petroleumgefäß L ab. Die Retorte F besitzt einen thönernen Schutzmantel M. Die Heizgase treten durch WO in den Heizcanal N und entweichen durch PRQ nach dem Heizraum S, wo sie den Natriumschmelzessel A erwärmen. T führt zum Schornstein. Der Trichter C hat einen Regelventilverschluß U; Y ist das Schlackengefäß. Die Arbeit geschieht in folgender Weise. Zuerst wird F zur hellen Rothgluth gebracht. Dann füllt man durch D Holzkohlen bis zu $\frac{1}{3}$ der Höhe von F ein. Sind auch diese rothglühend, so läßt man aus A durch C geschmolzenes Natrium einfließen. Sofort zeigt sich bei K die Natriumflamme und bald darauf fließt Natrium nach L aus. Anfänglich bleibt J geschlossen, damit nicht Luft eintreten kann. Erst wenn die geschmolzene Schlacke bei H einen hydraulischen Verschluß gebildet hat, öffnet man J und läßt nun die Schlacke nach Y abfließen. Das Nachfüllen von Kohlen hat zu geschehen, sobald der Vorrath in F fast erschöpft ist; natürlich muß zuvor der Natriumzufluß abgestellt und die Natriumentwicklung beendet sein. Die Schlacke wird ausgelaugt, die Lauge auf Soda oder Natriumcarbonat verarbeitet. Nach P. P. Bedson muß die Kohle alle 12 Stunden erneuert werden. Eine Retorte liefert im Tage 42 Kgr. Natrium und muß nach Erzeugung von 750 Kgr. Na ausgewechselt werden. Die Retorten sind ohne Nieten und Verschraubungen sammt ihren Ansätzen aus Gußeisen hergestellt. 1 Kgr. Natrium erfordert 10 Kgr. Natriumcarbonat, 1.2 Kgr. Gußeisen der Retorte, 12 Kgr. Koks zur Feuerung, 1.5 Kgr. Holzkohle für die Reduction. Es entstehen dabei 9 Kgr. Schlacke mit insgesammt 60 % Natron (Na_2O).

Die Darstellung des Aluminiums (D. R. = P. 45198) geht vom Kryolith aus. 100 Kgr. Kryolith werden mit 30—100 Kgr. völlig trockenem Kochsalz in einem Thontiegel bei Rothgluth unter aufgesetztem Deckel etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden verschmolzen. Die flüssige Masse wird mit einem Block Natrium von 35 Kgr. Gewicht vermischt, entweder im Tiegel oder in einem Converter. Es tritt sofort heftige Reaction und starke Steigerung der Hitze ein. Eine Natriumflamme tritt auf und starke weiße Dämpfe von Fluornatrium entwickeln sich. Die

Die Masse färbt sich dunkler, die Reaction wird schnell schwächer. Jetzt gießt man das Reductionsgefäß aus, und zwar zuerst die Schlacken in einen eisernen Topf, dann den Rest mit dem Aluminium in einen kleinen eisernen Kessel, in welchem sich das Aluminium zu einer zusammenhängenden Masse vereinigt. Nach dem Erkalten kann man den Aluminiumklumpen leicht durch wenige Hammerschläge von den Schlacken trennen.

Soll das Verfahren gelingen, so muß die Kryolithschmelze möglichst schnell gut flüssig gemacht werden. Weiter muß das Natrium frei von Hohlräumen sein, die Feuchtigkeit oder Petroleum enthalten und zu Explosionen Ursache geben könnten. Des-

Fig. 27.



wegen schmilzt man das Natrium vor dem Einbringen um. Um das Natrium gut bis auf den Boden des Reductionsgefäßes zu bringen, bedient man sich eines Geräthes, wie es Fig. 27 zeigt. An den Eisenstab s wird das Natriumstück g angepießt. Darüber schiebt man die vorgewärmte Scheibe a an Stange t, was durch einen radialen Schlitz der Scheibe ermöglicht ist. Nun taucht man plötzlich bis auf den Boden des Reductionsgefäßes. Das Natrium wird durch a verhindert, an der Oberfläche zu schmelzen und anzubrennen; durch feine Oeffnungen in a kann es aber gut vertheilt im Bade aufsteigen. Nach Bedson sollen 200 Rgr. Kryolith mit 200 Rgr. Kochsalz verschmolzen, dann mit 5 Rgr. Natrium (?) reducirt werden, wobei sich 10 Rgr. technisch reines Aluminium ergeben. Da die Reactionsgleichung $3 \text{Na} + \text{Na}_3\text{AlF}_6 = 6 \text{NaF} + \text{Al}$ wäre, so würden die theoretischen Mengen sich zu 69 Rgr. Natrium, 210 Rgr. Kryolith und 27 Rgr. Aluminium ergeben; daneben 252 Rgr. Natriumfluorid. Die Schlacken enthalten 40% Fluornatrium, 43% Kochsalz, 15% unzeretzten Kryolith und 0.75% fein vertheiltes Aluminium. Letzteres kann man noch nutzbar machen, indem man die geschmolzene Schlacke mit einem Kupferstabe rührt; es schmilzt Aluminiumbronze nieder. Die nun metallfreien Schlacken werden mit schwefelsaurer Thonerde verschmolzen. Beim Auslaugen der Schmelze hinterbleibt Kryolith, denn es hat die Reaction $12 \text{NaF} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 3 \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{Na}_3\text{AlF}_6$ stattgefunden.

Die Verunreinigungen des Kryoliths betragen 1—3% und bestehen vorwiegend aus Eisen und Silicium, welche leichter reducirt werden als Aluminium und daher letzteres verunreinigen. Für bessere Sorten des Metalls wendet man daher die Methode des doppelten Tauchens (double dipping) an, d. h. man schmilzt Kryolith mit Kochsalz zusammen und gibt nur $\frac{1}{3}$ des zur Reduction nöthigen Natriums zu. Alles Eisen und Silicium, sowie etwas Aluminium werden reducirt. Jetzt gießt man vom Metall in ein zweites Reductionsgefäß ab und führt hier die Reduction zu Ende, wobei man Aluminium mit 98 bis 99% Al erhält. Für die besten Sorten wird diese Arbeit in feuerfesten Tiegeln ausgeführt.

Der Netto'sche Proceß wird auf den Werken der Alliance Aluminium Co., Limited, in Wallfend ausgeführt. Diese Werke verkaufen folgende Aluminiumsorten:

AA. Durch doppeltes Tauchen im Tiegel erzeugt.
98.5—99% Al.

A. Durch doppeltes Tauchen im Converter hergestellt.
97—98% Al.

B. Durch einfaches Tauchen im Converter erhalten.
95—97% Al.

C. Erstes Product des doppelten Tauchens im Converter.
90—95% Al.

Héroult's elektrolytisches Verfahren¹⁾. — Nach F. Kupelwieser ist das Princip des Héroult'schen Verfahrens in der directen Elektrolyse von geschmolzener Thonerde zu suchen, deren Sauerstoff an der Anode ausgeschieden wird, die allmählig verbrennt, während das Aluminium sich an der Kathode sammelt; ist letztere aus geschmolzenem Kupfer oder einem andren Metalle gebildet, so entsteht die entsprechende Aluminiumlegirung. Im Gegensatz zum Cowles-Proceß schmilzt und zersetzt Héroult die reine, unvermischte Thonerde. Der zu verwendende Apparat ist in Fig. 28 u. 29 abgebildet. A ist ein Kohlentiegel, den man erhält, indem man den isolirten Eisenkasten a mit einer starken Ausfütterung von Kohleplatten versieht, die unter sich durch Theer, Zucker-

1) Dester. Ztschr. f. B. u. H. W. 39. 1891. S. 233. Vereinsmitth. S. 110. — Ztschr. f. angew. Ch. 1890 S. 433. — Berg- u. Hüttenmännische Ztg. 49. 1890 S. 185. — 50. 1891 S. 6. 303.

syrup oder dgl. m. verkittet sind. Noch besser ist es, den Eisenmantel um den Kohlentiegel herum zu gießen, da alsdann die leitende Verbindung beider Theile sich günstiger gestaltet. Der

Fig. 28.

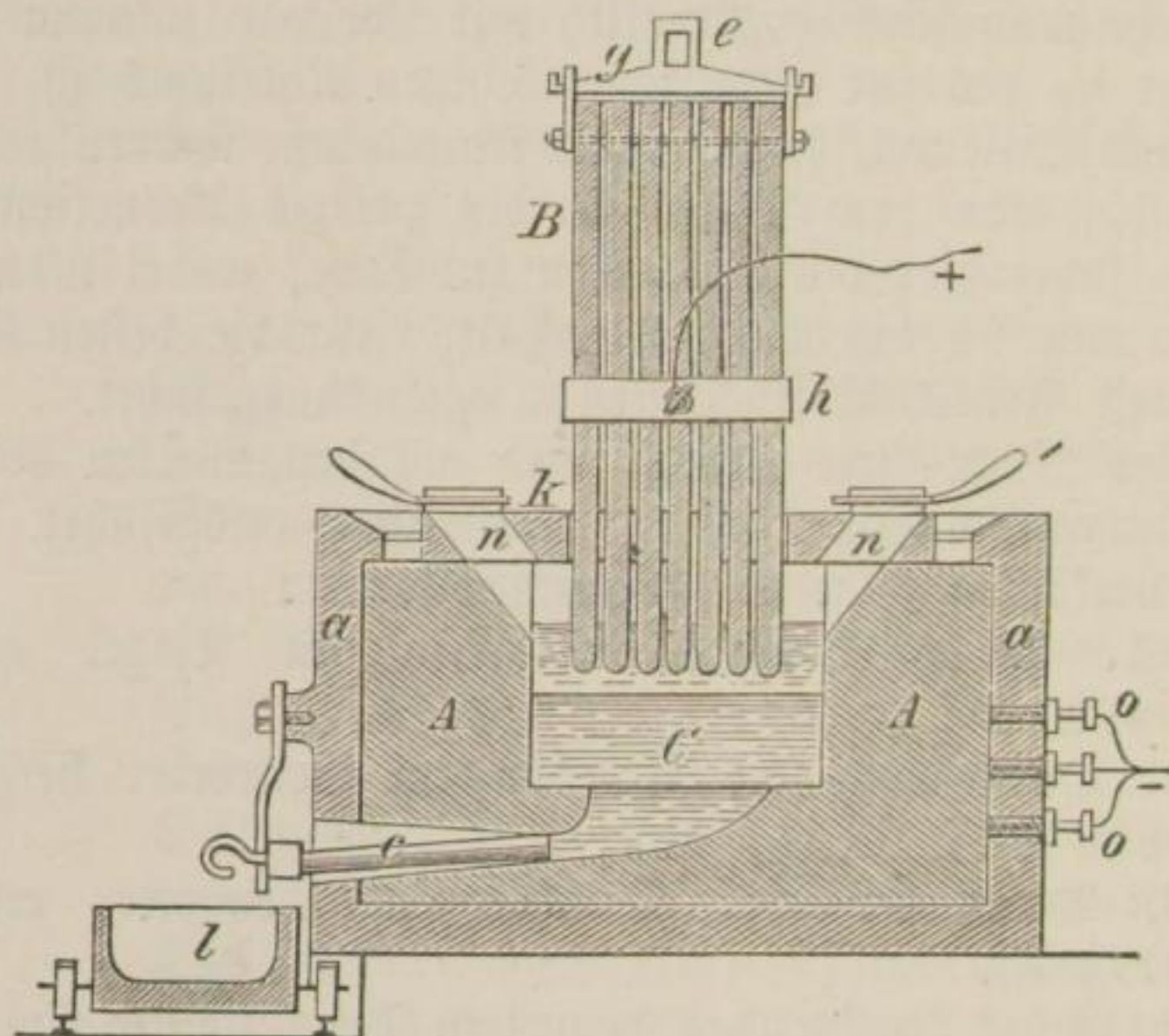
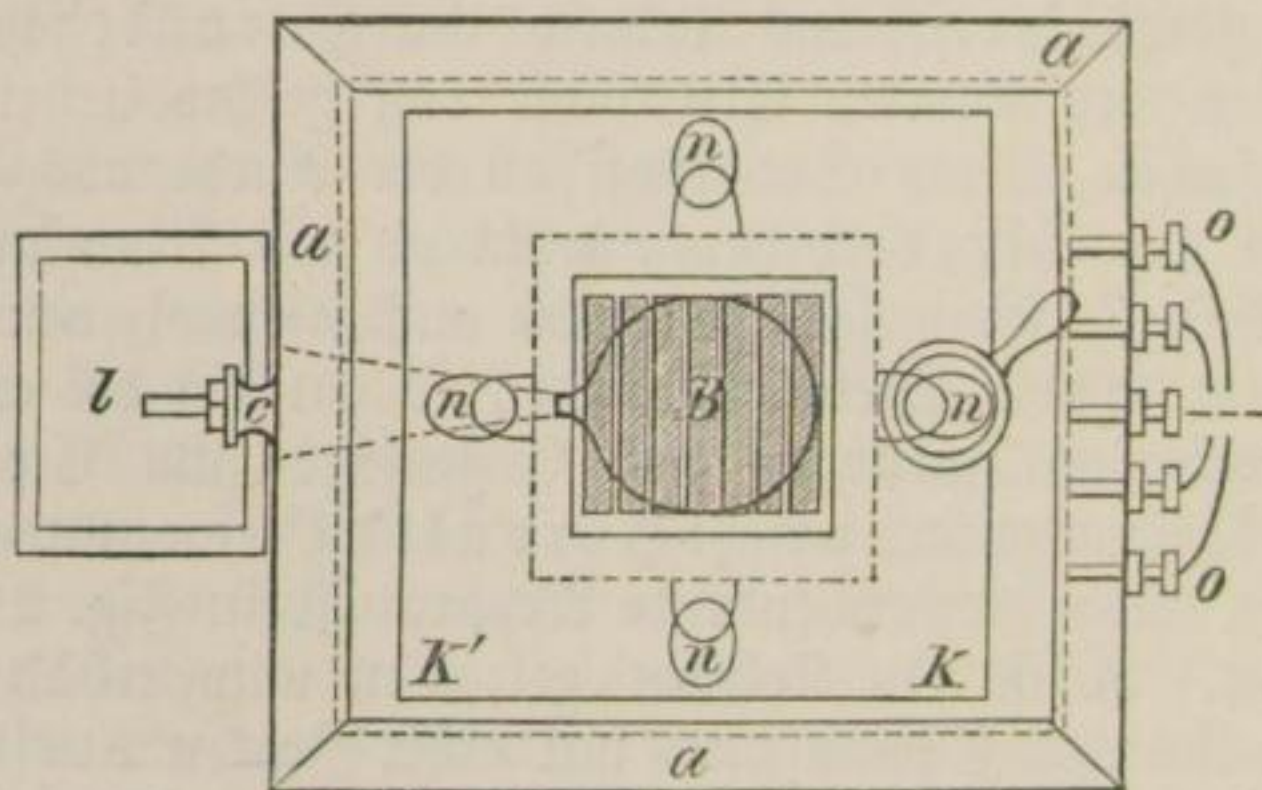


Fig. 29.



Tiegel A sammt Mantel a dient als negative Elektrode; der Strom wird durch eine Reihe von Kupferstiften o zugeführt. An seiner tiefsten Stelle hat der Tiegel den seitlichen Canal

e, der mit einem Kohlenstabe geschlossen werden kann. Ein Bündel B aus Kohlenplatten bildet die positive Elektrode; oben sind die Platten durch den Rahmen g mit Dese e zusammengehalten. In die Dese e kommt der Haken einer Kette, mit deren Hülfe man B in das Bad C senken oder herausheben kann. Das Rahmenstück h trägt das positive Ende des Kabels. Die Oeffnung des Tiegels wird mit Graphitplatten k abgedeckt, nur um das Kohlenbündel B ein kleiner offener Raum gelassen. n sind Einfüllöffnungen für das Rohmaterial und Austrittsöffnungen für die Gase. Zu Beginn der Arbeit wird in C Kupfer gegeben, worauf man das Kohlenbündel B dem Metall nähert, bis der Strom durchgeht und das Kupfer schmilzt. Dann schüttet man reine Thonerde nach und hebt B, bis sein unteres Ende ungefähr wie in Fig. 28 steht. Der Strom geht durch die Thonerde nach dem Kupfer, die Thonerde schmelzend, welche nun Elektrolyt wird. Der am Kohlenstoff entbundene Sauerstoff verbrennt die Kohle des Kohlenbündels zu Kohlenoxyd, welches nach oben entweicht. Das Aluminium dagegen scheidet sich am Kupfer aus und legirt sich mit diesem. Von Zeit zu Zeit öffnet man e und läßt nach l ab, worauf man den Ofen von neuem beschickt, und zwar für Bronze abwechselnd mit Kupfer und Thonerde. Soll dagegen Aluminium gewonnen werden, so schüttet man nur Thonerde nach, bis schließlich aus dem Stichloch reines Aluminium ausfließt. Es muß nur dafür gesorgt werden, daß am Boden von C stets eine gewisse Menge geschmolzenes Aluminium verbleibt. Ueber die aufzuwendende Kraft ist schon auf S. 287 Einiges mitgetheilt worden; die Neuhäuser Werke verfügten 1891 über $1\frac{1}{2}$ Millionen Watt.

Zur Entstehungsgeschichte der Aluminium-Industrie-Aktiengesellschaft in Neuhäusen ist zu bemerken, daß sie aus der schweizerischen metallurgischen Gesellschaft, die im Jahre 1888 das Héroult'sche Patent auszunutzen begann, und einer in Berlin bestehenden allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, die durch Rilian einen Versuchsbetrieb hatte errichten lassen, durch Verschmelzung sich gebildet hat. Die Gesellschaft hat das Recht, dem Rheine oberhalb des Falles in der Secunde 20 cbm Wasser zu entnehmen, brauchte aber 1890 zum Betriebe der Turbine nur 10 cbm. Die beste Aluminiumsorte,

das Aluminium 0, enthält 0·06% Si und 0·04% Fe, also 99·9% Al. Sorte I enthält 0·18—0·58% Si und 0·11 bis 0·34% Fe, also 99·14—99·61% Al; Sorte II endlich 0·94—3·82% Si, 1·37—3·34% Fe und 92·84—97·65% Al. Ueber die Herstellung dieser verschiedenen Sorten fehlen Angaben. Die Preise wurden 1890 mit 25 M. für 1 Kgr. Sorte 0, 20 M. für Sorte I und 16 M. für Sorte II notirt. Nach einem Rundschreiben vom November 1891 erzeugt die Fabrik Neuhausen täglich 1000 Kgr. Aluminium; für 100 Kgr. Reinaluminium in Barren werden 500 M., für geschmiedete Walzplatten und vorgestreckte Stäbe zum Ziehen 640 M. für 100 Kgr. gefordert (bei Abnahme von Posten unter 100 Kgr. 10% Zuschlag). Darnach soll Aluminium für gleiche Volumina 2·5 mal billiger als Nickel, um 11% billiger als Zinn und um 20% theurer als Kupfer sein.

Nach dem Héroult'schen Verfahren arbeitet auch die Hütte von Forges (Dép. Isère) in Frankreich; jedoch wird hier statt der Thonerde Kryolith zersetzt. Nur kurze Zeit war der Proceß zu Boonton (New Jersey) behufs Herstellung von Bronze in Verwendung. Weiter soll das Héroult'sche Verfahren zu Leud im Salzburgischen angewendet werden; die Fabrik ist bedeutend größer geplant, als die Neuhausener. Als Betriebskraft wird die Ache benutzt werden.

Sonstige elektrolytische Verfahren. — Wie schon auf S. 288 erwähnt, arbeitet die Pittsburg Reduction Company nach der Methode von C. M. Hall. Ueber dieses Verfahren berichtet H. C. Hovey folgendes.¹⁾ Es werden kohlengefütterte Stahlriegel mit einem Flußmittel gefüllt, dessen Zusammensetzung Geheimniß ist, welches aber bei mäßiger Temperatur die Aluminiumverbindung auflöst, leichter als Aluminium ist und vom elektrischen Strome nicht zersetzt werden soll. Dieses Flußmittel erhält man im geschmolzenen Zustande und löst fortgesetzt thonerdehaltiges Material darin auf. Den elektrischen Strom läßt man durch Kohlenelektroden ein- und austreten; das Aluminium sammelt sich an Wänden und Boden der Tiegel an und wird zeitweilig abgelassen. — Der Proceß von A. Minet²⁾ wurde gleichfalls schon auf S. 288

1) Scient. Am. 62. 1890 p. 163.

2) Compt. rend. 110. 1890 p. 342. 1190. — 112. 1891 p. 231.

erwähnt. Er ist auf ein genaues Studium der Vorgänge bei Elektrolyse von Thonerde und von Aluminiumfluorid in Schmelzhitze begründet. Soll die Zersetzung glatt verlaufen, so ist es nothwendig, daß der Elektrolyt sich in einem besondern Zustande der Flüssigkeit befindet, der dem eines Salzes in Lösung am nächsten kommt. Dieser Zustand ist bei dem Chlorid und Fluorid des Aluminiums, wie bei Natriumaluminiumchlorid, selbst in Gegenwart von Kochsalz, nur schwer zu erreichen. Bald nach dem Schmelzen verflüchtigen sich diese Stoffe ganz oder theilweise und greifen hierbei die Tiegel stark an. Besser ist ein Gemisch aus 40 % Natriumaluminiumfluorid mit 60 % Kochsalz verwendbar; es ist bei 800° genügend flüssig und bis 1000° fast nicht flüchtig. In dem Maße wie der elektrische Strom zersetzend wirkt, fügt man ein Gemisch von Aluminiumfluorid und Thonerde hinzu (Verhältniß $\text{Al}_2\text{F}_6 : \text{Al}_2\text{O}_3$), letztere, um Fluorverluste zu vermeiden. Das Zersetzungsgefäß besteht aus Gußeisen und ist würfelförmig gestaltet. Es würde durch die geschmolzene Masse angegriffen werden, wenn man nicht einen besondern Kunstgriff, dies zu verhindern, anwendete. Ueber dem negativen Pole bringt man ein Zwischenmittel an, welches solchen Widerstand ergibt, daß nur 0.05 des gesammten Stromes passiren kann. Die 0.95 vom Strome, welche die Kathode durchströmen, wirken für die Elektrolyse nützlich. Die Folge der Einrichtung ist, daß sich die Innenwände des Zersetzungsgefäßes mit einer Aluminiumschicht überziehen; so dünn diese ist, bewahrt sie doch die Wandungen vor Zerstörung. Die Elektroden bestehen aus Kohle. Auch kann man die Innenwandung mit einer Kohlschicht bedecken und diese als negative Elektrode dienen lassen. Darüber bildet sich eine Aluminiumschicht, während die Hauptmasse nach dem Boden zu fließt und von hier abgelassen wird. Ein solcher Apparat kann 20 — 30 Tage ununterbrochen im Betriebe bleiben. Uebrigens darf man nicht ungereinigte Thonerde und daraus hergestelltes Fluorid zum Anreichern des Tiegelinhalts verwenden, da hierbei ein Aluminium mit 2 bis 3% Verunreinigungen, besonders Silicium, sich ergibt. Die Ausbeute beträgt im günstigsten Falle 70% der theoretischen; es scheint sich durch Einwirkung von Al auf AlF_3 ein Subfluorid zu bilden, welches der Zersetzung entgeht. Will

man Legirungen herstellen, so ist das Verhältniß günstiger; in diesem Falle kleidet man den Tiegel übrigens nicht mit Kohle, sondern mit dem betreffenden Metalle aus.

Ganz kurz können wir uns bei den folgenden Processen halten, da sie entweder nichts Neues bieten, oder zweifellos unbrauchbar sind.

Das Verfahren von E. E. Kleiner-Fierz¹⁾ sollte ursprünglich in der Neuhäusener Fabrik angewendet werden. Es beruht auf der Elektrolyse von Kryolith. Das Zeretzungsgefäß ist mit Bauxit oder Thonerde ausgefüttert; die Kohlenelektroden werden soweit eingeführt, daß der Lichtbogen im Inneren des Gefäßes entsteht. Der Kryolith muß eisen- und schwefelfrei sein; er wird mit Sand im Gemisch fein gemahlen und in das Gefäß eingefüllt. Ist die Erhitzung durch den Lichtbogen weit genug vorgeschritten, so schmilzt der Kryolith und wird zersetzt; an der negativen Elektrode scheidet sich das Aluminium aus. Nach beendeter Reaction läßt man erkalten und schneidet das Aluminium aus dem Zeretzungsgefäße heraus (D. R.=P. 42022). Nach A. Feldmann (D. R.=P. 49915) gewinnt man bei Elektrolyse eines Gemisches aus Kryolith und Alkalichlorid deshalb nicht alles Aluminium, weil ein Theil desselben als Fluorid an Alkalifluorid gebunden bleibt. Dagegen soll die völlige Abscheidung gelingen, sobald man Verbindungen von Erdalkali- oder Zinkfluorid mit Aluminiumfluorid unter Zusatz von Strontiumchlorid verarbeitet. Das vom Al getrennte Fluor vertreibt das Chlor des Strontiumchlorids. Nach beendeter Reaction kann man das ursprünglich verwendete Fluorid durch schwefelsaure Thonerde regeneriren. L. Neuleaux (D. R.=P. 49207) schlägt vor, die zur Elektrolyse bestimmten Rohmaterialien vor Einführung in den Ofen vorzuheizen, um so ohne Abkühlung des Zeretzungsraums ununterbrochen nachfüllen zu können. Gérard-Lescuyer (D. R.=P. 48040) will die thonerdehaltigen Rohstoffe mit Kohle zu Stangen formen und diese Stangen als Elektroden benutzen. Aluminium wird reducirt und tropft in einen dicht geschlossenen Raum, der über einem Flammofen liegt. D. Knöfler und H. Ledderboge (D. R.=P. 49329)

1) Zeitschr. f. angew. Ch. 1888 S. 142.

haben dieses Verfahren nachgebildet und schützen nur das freigemachte Aluminium durch einen Strom eines indifferenten Gases oder durch Absaugen vor der Einwirkung des bei der Reaction entstehenden Kohlenoxyds. Die Verfahren von Henderson und von Lontin sind lediglich Varianten des Héroult'schen Processes¹⁾. Schneller und Astfalk²⁾ wollen dagegen Chlorid, Fluorid oder Oxyd des Aluminiums mit dem elektrischen Lichtbogen im Wasserstoffströme erhitzen. Hierbei soll ein Theil der Aluminiumverbindung verdampfen und bei der herrschenden Temperatur durch den Wasserstoff reducirt werden. Das abgeschiedene Aluminium soll sehr rein ausfallen. Endlich ist des von E. Faure, dem Entdecker der elektrischen Accumulatoren, vorgeschlagenen elektrolytischen Processes zu gedenken, welcher auf industrieller Darstellung des Aluminiumchlorids und Zersetzung dieser Verbindung durch den elektrischen Strom beruht³⁾. Das Aluminiumchlorid empfiehlt sich für diesen Zweck deshalb, weil zu seiner Zerlegung theoretisch keine so bedeutende elektromotorische Kraft nöthig ist, wie für Aluminiumfluorid, nämlich eine um ein Drittel geringere würde ausreichen. Ferner ergibt sich als werthvolles Nebenproduct Chlor (4 Kgr. Cl für 1 Kgr. Al), welches aufgefangen und zur Chlorkalkerzeugung benutzt werden kann. Faure rechnet aus, daß mit Anrechnung der durch Verwerthung des Chlors gewonnenen Summe das Kilogramm Aluminium nur 28 Pf. Selbstkosten ergeben würde! Das Aluminiumchlorid soll aus Bauxit und Chlornwasserstoffsäure bei 1000—1200° dargestellt werden; hierbei findet chemische Umsetzung zwischen Al_2O_3 und $6HCl$ unter Wärmeentwicklung statt. Da die elektromotorische Kraft von der Größe der Elektroden abhängt, nimmt Faure die Elektroden sehr groß und elektrolysiert das Aluminiumchlorid bei 300°, wobei sich die Erzeugung von Aluminium auf 40 Gr. pro Stundenpferdekraft belaufen soll.

Sonstige Verfahren zur Aluminiumdarstellung. — Zunächst ist der Arbeiten von G. A. Faurie zu

1) Dingl. p. J. 275. 1890 S. 249. 251—253.

2) Chemik. Ztg. 16. 1892 S. 867.

3) Stahl und Eisen 12. 1892 S. 510.

gedenken¹⁾. Faurie hat sich bemüht, für das Wöhler-Deville'sche Verfahren ein billigeres Aluminiumchlorid zu gewinnen. In einem großen Ofen wird eine etwa 0,5 m hohe Schicht Bauxit von einigen Quadratmetern Oberfläche durch Gasfeuerung erhitzt. Ist die helle Rothgluth erreicht, so stellt man zunächst das Heizgas ab und leitet ein im richtigen Verhältnisse hergestelltes Gemisch aus Chlornwasserstoff und Naphthalindämpfen ein. Das Naphthalin scheidet keinen Kohlenstoff aus, reducirt aber in dem vorliegenden Falle Aluminium, welches sich im Augenblicke des Freiwerdens mit Chlornwasserstoff umsetzt. Das Aluminiumchlorid destillirt ab; es soll so billiger herzustellen sein als mit Chlor. — Ein zweites Verfahren von Faurie bezieht sich auf Herstellung von Aluminiumlegierungen aus Thonerde. 2 Thl. reiner, feinst gepulverter Thonerde werden mit 1 Thl. Petroleum zu einem Brei angerührt, dem man 1 Thl. Schwefelsäure zumischt. Ist die Masse gleichmäßig gelb und beginnt eine Entwicklung von SO₂, so füllt man die Mischung in eine Papierdüte und wirft sie in einen über 800° erhitzten Tiegel. Die Reaction erfolgt sogleich. Man läßt erkalten, zerkleinert das Reactionsproduct sorgfältig und mischt es mit seinem gleichen Gewichte eines Metalls in Pulverform. Das Gemisch wird nun in einem Graphittiegel zur Weißgluth erhitzt. Nach dem Erkalten enthält der Tiegel ein schwarzes metallisches Pulver, in welchem sich Körner der Aluminiumlegierung vorfinden. — W. Diehl (D. R.-P. 59406) will das Aluminium aus seiner Eisenlegierung gewinnen.²⁾ Kryolith soll mit einem Zuschlage von Fluorbaryum (als Flußmittel) in der Weise elektrolysirt werden, daß die Kathode aus Eisen besteht und eine große Stromstärke bei kleiner Kathodenoberfläche vorhanden ist. Es tropft eine leicht schmelzbare Legierung aus etwa 10% Eisen und 90% Aluminium ab. Diese Legierung wird in einem Flusse aus gleichen Theilen Chilisalpeter, Chlorkalium und Chlornatrium umgeschmolzen. Sie spaltet sich in eine aluminiumarme sehr schwer schmelzbare Legierung und reines Aluminium: $Al_9Fe = Al_3Fe + 3Al_2$. Die

1) Compt. rend. 105. 1887 p. 497. — 107. 1888 p. 339.

2) Ztschr. f. angew. Ch. 1891 S. 675. — Chemik. Ztg. 16. 1892. S. 799.

Legirung wird in passende Form gestanzt und als Kathode bei einer neuen Elektrolyse verwendet: $\text{Al}_3\text{Fe} + 3\text{Al}_2 = \text{Al}_9\text{Fe}$. Eine Legirung mit weniger als 70% Al ist jedoch nicht mehr als Elektrode verwendbar. Man kann das Aluminium aus der Eisenlegirung auch durch Verschmelzen mit Schwefel erhalten, wobei das Eisen in das Sulfid verwandelt, das Aluminium aber nicht verändert wird. Neuerdings will Diehl auch die Blei- und Antimonlegirungen des Aluminiums benutzen. Die Antimonlegirung soll erhitzt werden, wobei Antimon abdestillirt; die Bleilegirung soll mit Nitraten oxydirt oder durch Zusammenschmelzen mit Schwefel in Schwefelblei und Aluminium zerlegt werden (D. R.=P. 62353). Die Great Western Aluminium-Compagnie zu Denver (Colorado) will Fluoraluminium auf geschmolzenes Aluminium im geschmolzenen Zustande aufgießen und dann durch Siliciumsulfid oder Borsulfid oder die entsprechenden Wasserstoffverbindungen, ja sogar durch Kohlenwasserstoffe die Reduction bewirken (D. R.=P. 57369), während A. W. S. van Oldruitenborgh Backsteine aus Thonerde- und Alkali- oder Erdalkaliverbindungen in ein Bad von geschmolzenem Zink einrühren und hierbei eine Zink-Aluminiumlegirung gewinnen will. Das Zink soll dann durch Abdestilliren beseitigt, verunreinigende Metalle sollen durch oxydirendes Erhitzen auf $800-2000^\circ\text{C}$ verbrannt werden, ohne daß hierbei Aluminium angegriffen würde (D. R.=P. 57807)¹⁾. E. Meyer will Alkalialuminat mit Kohle oder verkohlbaren Stoffen in einer Reductionsflamme unter Luftabschluß erhitzen. Dabei soll zuerst die folgende Reaction stattfinden: $\text{Al}(\text{NaO})_3 + \text{C}_2 = \text{AlO} + 3\text{Na} + 2\text{CO}$. Es soll sich also ein Suboxyd AlO bilden. Von der Entstehung solcher niedrigerer, zum Theil auch höherer Oxyde des Aluminiums bei der Reduction von Thonerde berichten auch andre Erfinder; selbst die Neuhausener Fabrik glaubt solche Verbindungen erhalten zu haben. Weiter soll nach Meyer das AlO dann durch Kohle reducirt werden: $\text{AlO} + \text{C} = \text{CO} + \text{Al}$ (D. R.=P. 59888)²⁾.

Schlufsbemerkung. — Rücksichten auf den Raum

1) Chemif. Ztg. 15. 1891 S. 1209.

2) Ebendas. 16. 1892 S. 145.

zwingen uns, diesmal von Besprechung der Eigenschaften und der Verwendbarkeit des Aluminiums abzusehen, wiewohl viel Interessantes darüber zu berichten wäre. Auf das Urtheil von A. E. Hunt sei aber doch hingewiesen, da dasselbe am besten das in gedachter Richtung wesentliche zusammenfaßt.¹⁾ Nicht auf Erfindung neuer Gewinnungsmethoden, nicht auf Verbesserung der schon bekannten Fabrikationsweisen kommt es an, sondern darauf, dem Aluminium eine umfassende und sachgemäße Verwendung zu sichern. Die wichtigste Seite der technischen Bedeutung und Anwendbarkeit des Aluminiums liegt in seiner Fähigkeit, mit andren Metallen sich zu legiren oder zu verbinden. Schon heute verbraucht die Eisenindustrie (vgl. unter „Eisen“) etwa die Hälfte alles erzeugten Aluminiums. Weiter muß die Verwendung des Metalls in den Künsten gesteigert werden. Auch für hauswirthschaftliche Zwecke wird es vielfach ebenso oder besser geeignet sein, als Zinn, Eisen und Kupfer — trotz aller gegentheiligen Versicherungen, denn auch die letztgenannten Metalle sind gegen Säuren, zum Theil auch gegen Alkalien empfindlich, und zwar nicht weniger als Aluminium. Dazu kommt, daß Aluminiumsalze entschieden viel weniger giftig sind als etwa Kupfersalze, und sofern ihre Säure schwach ist (Essigsäure) beim Kochen basisch werden oder sich ganz zersetzen. Die Eigenschaften des Aluminiums, welche für seine Verwendbarkeit besonders maßgeblich sind, sind die folgenden: 1. seine spezifische Leichtigkeit, 2. seine Beständigkeit in feuchter Luft, in Schwefelwasserstoff u. s. w., 3. seine große Hämmerbarkeit, 4. seine leichte Vergießbarkeit, 5. sein Einfluß auf die Beschaffenheit von Legirungen, 6. seine hohe Zugfestigkeit und Elasticität im Vergleich zu gleichen Gewichten andrer Metalle, endlich 7. seine hohe spezifische Wärme und seine Leitungsfähigkeit für Wärme und Electricität.

Eisen.

Silicium im Eisen. — Ueber die Einwirkung von Silicium auf die Eigenschaften des Eisens ist bereits einmal ganz kurz berichtet worden (Jahrb. 23. 1887. S. 321). Die

1) Stahl und Eisen 12. 1892 S. 512.

Verwendung des Siliciums zu Eisenhüttenzwecken hat seither so zugenommen, daß wir heute etwas ausführlicher darüber berichten wollen. Nach Wedding¹⁾ lauten die beiden von F. Gautier aufgestellten Regeln: 1. Silicium scheidet aus weißem Roheisen den amorphen Kohlenstoff als Graphit aus und erzeugt so graues Eisen, und 2. wird aus grauem Roheisen das Silicium entfernt, so geht aller Kohlenstoff in die amorphe Modification über und weißes Roheisen entsteht. — Diese beiden Gesetze sind zwar nicht neu, sondern wurden in deutschen Werken schon längst erörtert; aber Gautier hat zuerst auf ihre absichtliche Nugbarmachung in der Gießerei hingewirkt. Für deutsche Hütten ist allerdings der hohe Preis des Ferrosiliciums als Hinderniß einer allgemeineren Benutzung anzuerkennen. — Ueber den Einfluß des Siliciums auf die Eigenschaften des Gießereiroheisens sind zahlreiche Versuche angestellt worden. Nach T. Turner ist das Silicium ein nothwendiger Bestandtheil eines guten Gießereiroheisens, welches bei 2 % Si das Maximum des Widerstandes, bei 1 % Si die größte Druckfestigkeit erreicht. Die größte Zugfestigkeit wird bei 1.62 % Graphit, 0.56 % gebundenem Kohlenstoff und 1.96 % Si, die größte Biegezugfestigkeit bei 0.5 % Graphit, 1.75 % gebundenem C und 1.37 % Si, endlich die größte Druckfestigkeit bei 0.24 % freiem und 1.85 % gebundenem Kohlenstoff und 0.96 % Si erreicht. F. Gautier hat auf den Zusatz von Silicium zu weißem Roheisen eine Methode begründet, solches in gutes graues Roheisen zu verwandeln. Es werden Altmaterialien (Gußabfälle, Gußbruch, verbrannter Guß, weißes Brucheisen u. s. w.) mit Ferrosilicium von 9 bis 10 % Si verschmolzen, wobei graues Gußeisen mit 2 % Si entsteht. Nach Kupelwieser löst sich Kohlenstoff im Eisen mit Wärmebindung, während Silicium bei seiner Auflösung unter Umständen sogar Wärmeentwicklung bedingt. Ferner löst sich Kohlenstoff nur bis zur Bildung des Carbids Fe_3C , dagegen Silicium in beliebigen Mengen. Dies ist die Ursache dafür, daß Silicium bei Zusatz zu Kohleneisen eine Graphitabscheidung bewirkt. Soll diese Graphitbildung indessen nicht

1) Berg- und Hüttenm. Ztg. 47. 1888. S. 146. — 46. 1887 S. 324.

gestört werden, so müssen Mangan, Chrom und Arsen im Eisen fehlen. Bruner und Van finden 3 % Si und mehr nachtheilig für die Festigkeit des Eisens; in gleichem Sinne schädlich ist oft auch ein Mangangehalt (z. B. im schottischen Roheisen, welches nur 2—3 % Si enthält). — Das Silicium ermöglicht die Uebersführung des weißen in das graue Roheisen. Es liefert beim Bessern bedeutende Wärmemengen, verhütet bei der Stahlfabrikation die Blasenbildung und dient beim Gießereibetriebe als Regulator für Löslichkeit und Unlöslichkeit des Kohlenstoffs. — Ueber den Einfluß des Siliciums auf die Eigenschaften des Stahls berichtet T. Turner im Auftrage einer zur Untersuchung dieses Einflusses eingesetzten englischen Commission¹⁾. Auf Flußeisen wirkt Si kohlenstoffähnlich, also günstig ein; doch darf nicht über 0.15 % davon vorhanden sein, wenn das Eisen gewalzt werden soll. Für Stahlgüsse ist 0.3 % empfehlenswerth, mehr aber schädlich, weil dann das Eisen brüchig und wenig dehnbar wird. Gesunde Natur des Tiegelstahls ist überhaupt nur durch einen Gehalt von einigen Hundertel Procenten Silicium erreichbar; doch schadet auch ein hoher Siliciumgehalt nichts, namentlich wenn gleichzeitig Mangan vorhanden ist. Weitere Versuche wurden mit Zusätzen von Siliciumroheisen zu reinstem Bessermetall angestellt. Es ergab sich, daß Silicium die Rothbrüchigkeit erhöht, Elasticität und Zugfestigkeit vermehrt, ebenso die Härte, dagegen Ausdehnung und Zusammenziehung des Querschnitts vermindert. Ein Stahl mit 0.4 % Si und 0.2 % C ließ sich in hohen Temperaturen schwer bearbeiten, war im kalten Zustande zähe und konnte im Wasser gehärtet werden. — Den Einfluß des Siliciums auf schmiedbares Eisen stellte A. Ledebur fest²⁾. Gutes Schmiedeeisen wurde im Tiegel geschmolzen und mit bestimmten Mengen von 20 procentigem Siliciumeisen versetzt. Es wurden dann Blöcke gegossen, welche geschmiedet und zu Rundstäben gewalzt wurden. Es ergab sich folgendes. Ein hoher Siliciumgehalt wirkt dichtend beim Gießen; die Stücke werden blasenfrei, schwinden aber stark. Die Wirkung eines gleich großen Kohlenstoffgehalts ist durch

1) Chem. News 56. 1887. p. 215.

2) Chem. Centralbl. 61. 1. 1890 S. 229.

Silicium nicht zu ersetzen: es tritt keine Härtungsfähigkeit ein, wie auch die Festigkeit nicht in gleichem Maße erhöht wird. Zu viel Silicium schädigt die Zähigkeit mehr, als zu viel Kohlenstoff. Proben mit mehr als 5.5 % Si sind nicht mehr schmiedbar und zerfallen unter dem Hammer schon bei mäßiger Erwärmung. Selbst ein Gehalt von 0.2 % Si hebt bereits die Schweißbarkeit auf. Ein noch geringerer Siliciumzusatz empfiehlt sich aber, weil er dichtere Güsse bewirkt, ohne das sonstige mechanische Verhalten des schmiedbaren Eisens wesentlich zu beeinflussen.

Im Allgemeinen über Siliciumeisen und seine Verwendung in der Eisenhütten-technik verbreiten sich R. A. Hadfield¹⁾ und Jüngst²⁾. Diesen sehr umfangreichen Arbeiten sind die folgenden Angaben entnommen. Das reichste Siliciumeisen oder Ferrosilicium des Handels enthält 18 bis 20 % Si und nur 0.75—1.4 % C. Ist gleichzeitig Mangan darin enthalten, so spricht man von Siliciumspiegeleisen. Unter glazed pigs versteht man ein Siliciumgußeisen, weil dasselbe eigenthümlich glasirt aussieht. Die Entdeckung, daß mit dem Wachsen des Siliciumgehalts der Kohlenstoffgehalt abnimmt, machte Riley; der größte Theil des noch vorhandenen Kohlenstoffs ist Graphit. Ein siliciumhaltiges Spiegeleisen ist praktisch frei von Schwefel. Interessant ist, daß im Gebläseofen Silicium nicht reducirt wird, wenn nicht Kohlenstoff zugegen ist. Das Product fällt aber kohlenstofffrei aus, wenn genug Silicium in ihm enthalten ist. — Weißes kohlenstoffhaltiges Gußeisen, welches poröse und brüchige Güsse geben würde, wird durch Zugabe geringer Siliciummengen frei von Gallen und von größerer Widerstandsfähigkeit. Setzt man bis zu 2 % Si zu, so wird das Eisen grau und hat das Maximum der Festigkeit erreicht. Ein weiterer Siliciumzusatz macht das Eisen noch grauer, aber wieder weicher, bis schließlich trotz dichterem Korn das Eisen brüchiger geworden ist, als weißes Gußeisen. Die Wirkung des Siliciums ist also hauptsächlich in der Umwandlung des gebundenen Kohlenstoffs in Graphit zu suchen, der seinerseits die Ursache dafür ist, daß silicium-

1) Chem. News 60. 1889. p. 273. 289. 299.

2) Ztschrift. f. Berg-, Hütten- u. Salinenw. im preuß. Staate 38. 1890. Abhandl. S. 1.

haltiges Eisen auch größere Flüssigkeit im geschmolzenen Zustande besitzt. — Silicium allein erzeugt keinen Stahl, der im Wasser gehärtet werden kann; vielmehr ist hierzu gleichzeitig Kohlenstoff nöthig. Die Hämmerbarkeit des Eisens wird selbst durch einen Gehalt von 6% Si noch nicht aufgehoben; bei noch höherem Siliciumgehalt wird das Eisen aber rothbrüchig, zerbröckelt bei niedrigen Hitzeegraden und geht trotz niedrigen Kohlenstoffgehalts in Gußeisen über. Im Allgemeinen wird von Hadfield bestätigt, daß Silicium nicht so gut härtend wirkt, wie Kohlenstoff. — Die Mittheilungen von Jüngst beruhen auf Studien, welche im Auftrage des Vereins deutscher Eisengießereien seit dem September 1887 mit Ferrosilicium ausgeführt wurden und die die ausgesprochene Absicht hatten, den deutschen Gießereien die Möglichkeit zu verschaffen, ohne englisches und schottisches Gießereiroheisen auszukommen. Der Bericht beginnt mit einem geschichtlichen Rückblick über die Verwendung des Ferrosiliciums in den Gießereien, aus welchem die Behauptung hervorgehoben sei, daß nach Einführung dieser Arbeitsweise in Frankreich der Verbrauch an schottischem Roheisen um 90% gesunken sei. Die zahlreichen Versuche, welche dann weiter beschrieben und deren Resultate tabellarisch zusammengestellt werden, können hier nicht angeführt werden. Nur über die Schlüsse, welche aus den Versuchsreihen sich ergaben, sei in Kürze berichtet. In Roheisen nimmt mit wachsendem Siliciumgehalt der Gehalt an gebundenem Kohlenstoff ab und geht schließlich ganz in Graphit über. Beim Umschmelzen von Roheisen nimmt der Siliciumgehalt unregelmäßig ab, durchschnittlich um 17%. Ein Gehalt von 1.55 — 2.25% Si vermindert die Neigung des weißen Gußeisens zum Saugen und zur Wanzenbildung, ein niedrigerer Gehalt vermehrt sie und ein höherer führt zur Bildung von Hohlräumen. Das weichste Gußeisen erhält man bei 2.24% Si. Steigender Siliciumgehalt mindert die Neigung des Gußeisens zum Abschrecken und tritt der nachtheiligen Wirkung des Mangans entgegen. Silicium allein macht das Eisen kurzbrüchig und spröde; bei Gegenwart von Graphit jedoch wird das Eisen durch Silicium weich, so daß selbst die härtende Wirkung des Mangans gemildert erscheint. Ferner mindert Silicium die Neigung des Gußeisens zum Schwinden, weil der ausgeschiedene Kohlenstoff viel grö-

feren Raum einnimmt als das Eisen. Die Festigkeit des Gußeisens hängt hauptsächlich vom Gefüge ab, auf welches Silicium ebenfalls von Einfluß ist. Die Biegungsfestigkeit wird durch mehr als 3 % Si, ähnlich wie durch einen höheren Gehalt an gebundenem Kohlenstoff, abgeschwächt; fast ebenso verhält es sich mit der Zugfestigkeit. — Die Angaben von Turner, Ledebur, Gautier u. s. w. werden durch diese Versuche von Youngst im Ganzen bestätigt. Doch geht aus ihnen hervor, daß man sich hüten muß, Ferrosilicium zu grauem, bereits siliciumhaltigen Roheisen hinzuzusetzen. Die Höhe des Siliciumzusatzes muß nach dem bereits vorhandenen Silicium und Graphit bemessen werden. Die beste Ferrosiliciumsorte ist die mit 10.38 % Si. Gußeisen darf Mangan und Phosphor bis zu 1 % und Schwefel bis zu 0.16 % enthalten; größere Beträge, namentlich von Mangan, wirken schädlich.

Zum Schluß sei bemerkt, das Mullins¹⁾ das Ferrosilicium durch reine Kieselsäure ersetzen will. Der Proceß soll sich in Amerika bewährt haben; doch ist Näheres darüber nicht bekannt. Seine Bedeutung läge in der Verwendung eines billigeren Materials, als das Ferrosilicium ist.

Aluminium im Eisen. — Der sogenannte Mitisproceß, (dessen schon im Jahrb. 24. 1888. S. 282 gedacht wurde), besteht darin, aus einem kohlenstoffarmen weichen Eisen unter Zuhilfenahme eines geringen Aluminiumzusatzes schmiedbaren Guß zu erzeugen. Hierzu bedient man sich des Ferroaluminiums, einer Legirung aus Eisen und Aluminium mit 6—10 % Al. Ueber den Mitisproceß und das Ferroaluminium macht D. Vogel interessante, zumeist geschichtliche Mittheilungen.²⁾ Thonerde befindet sich unter den Bestandtheilen der Hochofenbeschickung; aus ihr wird eine geringe Menge Aluminium reducirt, die sich mit dem Eisen legirt. Dieser Betrag macht 0,077—1,01 % im Roheisen aus. Dieses Aluminium schädigt das Roheisen und das daraus dargestellte Stabeisen, verbessert dagegen die Eigenschaften des Stahls. Diese letztere Angabe rührt besonders von Faraday her, der in Gemeinschaft mit Stodart einen Aluminiumstahl er-

1) Chem. Ztg. 13. 1889. Rep. S. 251.

2) Destr. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenw. 36. 1888. S. 673.

zeugt zu haben glaubte. Von anderer Seite wurde diesen Angaben freilich widersprochen, und Kammelsberg konnte in deutschem Aluminiumstahl kein Aluminium nachweisen. Rogers (1859) und Lohage (1861) fanden, daß Gußstahl durch einen Aluminiumzusatz sehr hart und höchst politurfähig wurde. In ähnlicher Weise hatten schon Knowles und weiter Benzou (1859) die größere Härte, Festigkeit und Gleichmäßigkeit von Stahl, dem Aluminium zugesetzt worden war, hervorgehoben.

Daß sich Aluminium mit dem Eisen in allen Verhältnissen legirt, erkannte Deville im Jahre 1859. Alle Legierungen dieser Art mit 7—8% Eisen sind hart und spröde und krystallisiren in langen Nadeln. Eine Legierung mit 10% Fe schmilzt leicht unter Bildung eines kaum flüssigen eisenreichen Rückstands und eines eisenärmeren Ferroaluminiums. In besondrer Weise wurde eine Legierung aus 52.14% Fe und 45.37% Al (Rest: Verunreinigungen) von Michel (1860), eine andre aus 12% Al und 88% Fe von Calvert und Johnson dargestellt, die den Formeln $FeAl_2$ und Fe_4Al angenähert entsprechen; auch eine Legierung Al_2Fe_3 wurde erhalten. Es geht aus alledem hervor, daß die Herstellung von Ferroaluminium, wie das Bestreben, durch Aluminiumzusatz das Eisen zu verbessern, nicht neuer Abstammung sind; aber die technische Anwendung des Verfahrens ist zuerst in dem Ostberg'schen Patente (1886) festgelegt und gelehrt worden.

P. Ostberg hat darüber etwa Folgendes mitgetheilt.¹⁾ Schmiedeeisenabfälle werden in Graphittiegeln in einem besonderen mit Petroleum geheizten Ofen eingeschmolzen. Ein Tiegel faßt etwa 30 Kgr. und hält 6—7 Chargen aus. In 12 Stunden sind 11 Schmelzungen möglich. Die Tiegeldedel besitzen Löcher, denen Löcher im Gewölbe des Ofens entsprechen. Durch Einsetzen von Röhren in diese Löcher kann die Zugabe des Ferroaluminiums geschehen, ohne daß der Tiegel aus dem Ofen genommen werden muß. Schmiedeeisen schmilzt bei etwa 2220°C, müßte aber viel höher erhitzt werden, wenn man es gießen wollte, und würde hierbei Gase absorbiren und also undichte Stöße liefern. Deshalb wird nun, sobald die Be-

1) Stahl und Eisen 6. 1886 S. 560.

schickung geschmolzen ist, 0.05 % Al in Form von Ferroaluminium mit 7—8 % Al zugegeben. Es entsteht eine Eisen-Aluminiumlegirung, deren Schmelzpunkt etwa 270° C unter dem des Schmiedeeisens liegt. Die Masse im Tiegel wird also flüssig und läßt sich leicht gießen; da die etwa absorbirten Gase bequem aus der dünnflüssigeren Masse entweichen können, werden die Güsse auch dicht. Die Festigkeit der so hergestellten Gußwaaren ist um 30—50% höher, als die des verwendeten Eisens. Doch soll die Ursache hierfür nicht im Aluminiumgehalt zu suchen sein, da die Festigkeit durch Hämmeren der Gußwaare wieder verloren gehen soll. Das verwendete Ferroaluminium wurde von der Cowles Electric Smelting Company mit 6—7% Al und 1—1.26% Si geliefert; es kostete im Jahre 1886 1 Rgr. 3,50 Mark.

Nach v. Langhenhove¹⁾ verändert selbst eine geringe Menge Aluminium die Structur des Eisens völlig und verbessert sie wesentlich. Die Bruchfestigkeit wird dreimal so groß wie die des ursprünglich vorhandenen Eisens. Das Aluminiumeisen widersteht den Angriffen der Atmosphäre vorzüglich, so schon Roheisen mit 2% Al. Siemensstahl mit 0.1% Al ist leichter schmelzbar und dünnflüssiger, gegossene Gegenstände sind gleichmäßiger und dichter. Auch W. H. Wahl ist der Ansicht, daß Mitisgüsse den hämmerbaren Guß vollständig ersetzen und außerdem für manche Zwecke verwendbar sind, für welche schmiedbarer Guß unbrauchbar ist. W. Spencer hat gefunden, daß ein geringer Aluminiumgehalt allerdings die Festigkeit des Flußeisens erhöht, aber es auch gleichzeitig spröder macht. Dagegen soll (entgegengesetzt zu den Beobachtungen Wahls) Stahl durch Zusatz von Ferroaluminium dickflüssiger werden.

Die Wirkung des Aluminiums im Eisen erklärte Ledebur (1888) als Reduction des im flüssigen Eisen gelösten Eisenoxyduls. Das Aluminium selbst wird hierbei oxydirt ($3\text{FeO} + \text{Al}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Fe}$) und die Thonerde verschlackt, daher man im fertigen Mitisguß kein oder nur sehr wenig Aluminium findet. Die Ursache der Gasentwicklung wie der Dickflüssigkeit des Eisens ist im Gehalte an Eisen-

1) Berg- u. Hüttenw. Ztg. 46. 1887. S. 257.

oxydul zu suchen, daher nach dessen Beseitigung durch Al der Guß dichter wird. Die Gasentwicklung rührt bekanntlich von einer Wechselwirkung zwischen Eisenoxydul und Kohle her, bei der Kohlenoxyd entsteht: $\text{FeO} + \text{C} = \text{CO} + \text{Fe}$. Dieses Kohlenoxyd will vor dem Erstarren entweichen und verursacht so eine Blasenbildung im Gusse. Zu beachten ist, daß bei Aluminiumzusatz die Gußformen trocken sein müssen, da bei hohen Temperaturen Al das Wasser zersetzt und die dabei auftretende Wasserstoffentwicklung wiederum Veranlassung zur Blasenbildung sein könnte.

Die Darstellung des Ferroaluminiums, welches man statt des reinen Aluminiums als Zusatz zum Eisen verwendet, erfolgt in verschiedener Weise. Nach dem schon oft erwähnten Cowlesproceß wird Thonerde, Thon oder Bauxit mit Kohle und Eisen gemischt im elektrischen Ofen zerlegt. Das entbundene Al legirt sich mit dem Eisen; die Legirung enthält, wie schon angeführt, 6—8% Al und 1 bis 1.25% Si. Nach einem schwedischen Verfahren wird Thon in schmelzendes Eisen eingetragen, wobei ein Ferroaluminium mit 7—8% Al resultiren soll. Ähnlich ist auch der Proceß der Gebrüder Brin¹⁾. Ein reicher Thon wird mit einem Reductions- und Flußmittel vermischt, das Ganze im Wasser zu einem Brei angerührt und in den Brei Roheisen in Stücken zugegeben. Man beschickt nun einen Cupolofen mit abwechselnden Schichten von diesem Gemische und von Koks, so daß zu oberst eine Koks-schicht liegt. Der Ofen wird angeheizt und mit Hülfe eines Gebläses in gehörige Gluth gebracht. Nach 25 Minuten sind die Massen in Fluß. Man läßt nun das flüssige Eisen in eine Gießpfanne ab. Es ist in einen Aluminiumstahl mit 1.75% Al verwandelt; das Silicium und andere Verunreinigungen des Roheisens sind in die Schlacken übergegangen.

Eine andere Ansicht über die Wirkung des Aluminiums im Eisen als Ostberg oder Ledebur hat J. H. J. Dagger²⁾ ausgesprochen. Er nimmt an, das Aluminium befähige das Eisen, seinen gesammten Kohlenstoffgehalt

1) Scient. Amer. 59. 1888 p. 296.

2) Chem. News 60. 1889 p. 243.

bis zum Augenblicke des Erstarrens zurückzuhalten und ihn dann in Form eines sehr feinen Graphitpulvers auszuschleiden. Hierdurch wird die Masse gleichmäßiger, als wenn sich bei langsamer Abkühlung des Eisens größere Graphitblätter ausscheiden. Zur Fällung des Graphits in dieser Weise sind nur 0.25—0.75% Al nöthig. Die Festigkeit des Gusses wird durch Aluminium vermehrt; aber überschreitet man einen gewissen Aluminiumgehalt, so geht die Festigkeit durch Ausscheidung zu großer Graphitmengen wieder verloren.

Nach einer Veröffentlichung der Allgemeinen-Electricitäts-Gesellschaft¹⁾ in Berlin hat ein Aluminiumzusatz zum Eisen folgende Vortheile: Die Festigkeit gegen Zug und Druck wird erhöht und die Elasticitätsgrenze erweitert, besonders bei Zusätzen von 1—3% Al. Der Guß wird völlig blasenfrei und im geschmolzenen Zustande dünnflüssiger; beides ist auf die Beseitigung des Eisenoxyduls durch das Aluminium zurück zu führen, welche durch Mangan oder Silicium bei weitem nicht so schnell zu erreichen ist. Beim Zusatz von Al zu schmelzendem Eisen, also für Schmiedeeisen bei etwa 1600°, wird eine Umlagerung der Moleküle bewirkt, die Wärmeentwicklung und also Steigerung der Temperatur des Eisens zur Folge hat. Im flüssigen Eisen gelöster Kohlenstoff wird durch Aluminium in Graphit verwandelt und als solcher proportional zur Temperaturabnahme und der Menge des zugesetzten Aluminiums abgeschieden; die Ausscheidung erfolgt erst im Augenblicke des Erstarrens und in Folge dessen ganz gleichmäßig. Aluminiumgüsse zeichnen sich durch große Gleichmäßigkeit des Kornes aus. Aluminium verringert das Schwindmaß des Eisens, weil es den gebundenen Kohlenstoff in Graphit überführt. Es erhöht ferner den magnetischen Sättigungspunkt des Eisens bedeutend, daher Aluminiumeisen sich besonders für Dynamomaschinen eignet. — Aus den angeführten Wirkungsweisen des Aluminiums ergibt sich von selbst, daß sauerstoffarmes und kohlenstoffreiches Eisen durch Al dickflüssiger, sauerstoffreiches und kohlenstoffarmes Eisen dagegen dünnflüssiger wird. — Die Menge des zugesetzten Aluminiums soll zwischen 0.05 und 0.1% (oder 0.5 bis 1% des 10 proc.

1) Dingl. p. 3. 275. 1890 S. 522.

Ferroaluminiums) schwanken. Schon 0.5% Al steigern die Härte außerordentlich; Eisen mit 3% Al wird durch die Feile fast gar nicht angegriffen und Ferroaluminium mit 10% Al ist hart wie Glas.

Der Zusatz des Ferroaluminiums hat in kleinen Stücken entweder unmittelbar vor dem Gießen oder beim Ablassen des Metalls in eine Pfanne in dieser zu erfolgen. Beim Schmelzen in Tiegelu muß der Zusatz im Augenblicke des Schmelzens erfolgen und alsbald der Gebläsewind abgestellt werden. In allen Fällen ist gute Untermischung nöthig.

Ueber das Aluminium im Gießereibetriebe machen W. J. Keep, Mabery und D. Vorce wichtige Mittheilungen ¹⁾. Wird Ferroaluminium in die leere Gußpfanne geworfen und dann flüssiges Roheisen aufgefüllt, so schmilzt es sofort. Bei umgekehrter Reihenfolge schwimmt das Ferroaluminium oben auf und verschmilzt nicht. Reines Aluminium schmilzt zwar auf flüssigem Eisen, bildet aber auf der Oberfläche eine Haut, die sich nicht oder nur theilweise mit dem Eisen legirt. Wirft man Aluminium in die Gießpfanne, so verursachen schon die kleinsten Mengen ein heftiges Aufkochen, nach Keep, weil die bisher gebundenen, jetzt in Graphit verwandelten Kohlenstofftheilchen als leichtere Körper nach oben treten wollen. Die Reaction ist so heftig, daß sogar aufschwimmende Schlacke wieder in die Tiefe gerissen wird. Die schließlich auf dem Eisen schwimmende Dyrdschicht wird so spröde, daß sie beim Gießen reißt und daß dann Theile davon in die Form gelangen. So werden die Gußstücke blasig und mit Schlacke vermengt. Keep schlägt deshalb vor, das Aluminium schon im Hochofenproceße in das Eisen zu bringen. Bei siliciumhaltigem Eisen darf kein Aluminiumzusatz gemacht werden, weil beide Zusätze graphitauseheidend wirken. — Besteht man unter „Steifigkeit“ die Eigenschaft des Eisens, trotz der Belastung die ursprüngliche Form beizubehalten, und unter „Elasticität“ die Eigenschaft, nach der Belastung die ursprüngliche Form wieder anzunehmen, so wird kohlenstoffhaltiges Eisen durch Aluminiumzusatz steifer und elastischer, Schmiede-

1) Dester. Zeitschrift f. Berg- und Hüttenw. 38. 1890 S. 274. 349. — Berg- u. Hüttenm. Ztg. 49. 1890 S. 324.

eisen steifer. Ein Schmiedeeisen mit 0.25% C bis zum Kohlenstoffmaximum wird durch Al weich, biegsam, leichtflüssiger, steifer und bekommt kleineres und gleichmäßigeres Korn. Umgeschmolzenes Schmiedeeisen mit 2.45% Al schweißte gut und konnte im gegossenen Zustande zweimal kalt gebogen werden; es zeigte stahlartiges Korn. Die Verwendung des Aluminiums empfiehlt sich bei Ingots, welche direct aus dem Converter gegossen werden. — Von Keep, Maberly und Vorce wurde dann weiter an 2 Roheisenforten, einer weißen und einer schwedischen grauen, die Einwirkung von Ferroaluminium (mit 11.42% Al und 3.86% Si) in den verschiedensten Richtungen studirt. Die Güsse mit 0.1% Al sind dichter und feinkörniger als solche aus weißem Roheisen, die überhaupt nur sehr schwer gesund herstellbar sind. Der Widerstand gegen Druck nimmt um fast 44%, der gegen Stoß um 6% vom Widerstand des Roheisens zu. Bei Güssen mit 0.25% Al nahm die Festigkeit gegen ruhende Last um 20%, gegen Stoß um mehr als 70% zu. Durch Umschmelzen gewinnen die Güsse an Dichte, werden aber wegen stetiger Verminderung des Aluminiumgehaltes wieder fest. Besonders wichtig ist die Einwirkung des Aluminiums auf den Kohlenstoff. Geschmolzenes Roheisen enthält allen Kohlenstoff chemisch gebunden; die Einführung anderer Metalle in die geschmolzene Masse befähigt dieselbe, entweder mehr C aufzunehmen (S, Si) oder C auszuscheiden (Mn). Aluminium nun erhält den Kohlenstoff in gelöster Form, bis das Metall so dickflüssig wird, daß der C nicht mehr sich abscheiden kann. Im Augenblicke des Erstarrens wird aber durch das Al ein Theil des C in höchst gleichmäßiger Weise als Graphit zur Abscheidung gebracht. Dabei verwandelt sich weißes Roheisen in graues und gleichzeitig scheint sich die Natur des Roheisens gänzlich zu verändern. Bei einem Gehalte von 0.75% Al entsteht wirklich grauer Guß ohne ein Zeichen von weißem Eisen. Auch graues Roheisen wird durch Aluminium vom weißen Eisen befreit und durch bis zu 4% Al weicher und grauer. Mit Aluminium versetztes Roheisen läßt sich durch plötzliche Abkühlung nicht härten, so daß dicke wie dünne Gußstücke ein gleichmäßiges Korn zeigen und die Kälte der Form ohne Einfluß auf das Korn ist. Aluminiumeisen läßt sich leichter bearbeiten, als Eisen mit gröberem Korne.

Die Angaben von Reep sind durch van Langhenhove¹⁾ bestätigt worden. Derselbe bemerkt noch, daß man als Zusatz für Roheisen jedenfalls die kleinste genügende Aluminiummenge verwenden muß, um die günstigste Wirkung zu erzielen. Das Al erhöht die Härte und Festigkeit auf Kosten der Dehnbarkeit in derselben Weise, wie der Kohlenstoff. Es macht dünnflüssig und blasenfrei, wie das Silicium. Es soll aber nicht verwendet werden, wenn merkliche Mengen von Si, Cu und besonders P zugegen sind. Als Zusatz für Schmiedeeisen müssen größere Aluminiumbeträge verwendet werden, als bei Roheisen oder Stahlguß, weil die Arbeit länger dauert und durch Saigern und Oxidation leicht Verluste an Al eintreten. Man nimmt bis zu 0.26% Al. Der Zusatz zum Stahl kann direct durch Einführen des Ferroaluminiums in die Bessemerbirne oder in den Martinofen erfolgen; auch hier muß der Zusatz möglichst aluminiumarm sein, falls die Kosten niedrig bleiben sollen. Der Aluminiumstahl soll nicht über 0.01% Al enthalten. Nach Hadfield ist der Aluminiumstahl durch Zusammenschmelzen von gutem Schmiedeeisen mit Aluminium in Tiegeln darzustellen.²⁾ Getemperte Proben mit 0.85% Al hatten die doppelte Biegezugfestigkeit, wie die ungetemperten; bei mehr Aluminium nahm aber in beiden Fällen die Zähigkeit ab. Die Härte des Stahls wird durch Aluminium nicht wesentlich erhöht. Bei höherem Gehalte an Al sind Aluminium- und Siliciumflußstahl schwer zu unterscheiden; bei über 5% Al lassen sich Krystalle wie beim Spiegeleisen abspalten. Die magnetischen Eigenschaften des Stahls werden durch Aluminium nicht beeinflusst; dagegen geht die Hämmerbarkeit des Stahls bei mehr als 5.6% Al verloren. Aluminiumstahl vereinigt die guten Eigenschaften des Silicium- und Manganstahls; aber die Eigenschaften des Mangans vermag Aluminium nicht aufzuheben. So glich 12—15 proc. Spiegeleisen mit 3—4% Al versetzt auf der Bruchfläche gewöhnlichem Gußeisen und zeigte keine magnetischen Eigenschaften.

Nach Versuchen in der Friedrichshütte in Oberschlesien wirkt Aluminium ausgezeichnet, wenn es bei der Herstellung von

1) Berg- u. Hüttenm. Ztg. 49. 1890 S. 296.

2) Ebenda 50. 1891 S. 388.

Walzblöcken in der Coquille zugesetzt wird,¹⁾ und zwar schon bei 0.004 % und bei Chargen, die trotz erfolgten Ferromangan-zusatzes unruhig bleiben. Erfolgte der Zusatz in der Pfanne, so zeigten sich häufig Bläschen an der Oberfläche der Ingots, was nachtheilig ist. — J. D. Arnold widerspricht der mehrfach angeführten Behauptung, der Aluminiumzusatz bewirke eine Temperaturerhöhung um mehrere 100°. Seine Einwirkung ist durch die Gleichung $3\text{CO} + \text{Al}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C}$ wiedergegeben. Wird reines Kohlenoxyd über stark erhitztes Aluminium geleitet, so entsteht ein Gemisch aus Thonerde und Kohlenstoff. Leitet man Kohlenoxyd in ein aluminiumhaltiges Stahlbad, so nimmt der Kohlenstoffgehalt des Eisens bedeutend zu. Aluminiumzusatz bewirkt ein starkes Saugen, welches man dadurch aushebt, daß man auf den eben gegossenen Ingot eine Art Trichter aus Thon aufsetzt und durch diesen Stahl nachgießt. Der Aluminiumstahl ist in Folge seiner Blasenfreiheit sehr empfindlich gegen das Schwinden beim Abkühlen, was bei Herstellung von Facongüssen behufs Vermeidung von feinen Rissen beachtet werden muß. Zu Eisengüssen wird Aluminium hauptsächlich verwendet, wenn es sich um Herstellung solcher Maschinentheile u. s. w. handelt, die gegen hohen Druck dicht sein müssen (Dampf- und Pumpenzylinder). In eine kleine Gießpfanne wird auf den Boden das angewärmte Aluminium gelegt, flüssiges Eisen zugelassen, gemischt und gewartet, bis die Mischung anfängt, steif zu werden. Hierauf läßt man das flüssige Gußeisen in die große Gießpfanne ab und mischt das in der kleinen Pfanne erzeugte Ferroaluminium zu; auf 100 Kgr. sollen 200 Gr. Al kommen. Man wartet, bis das Eisen orange-gelb geworden ist und sich eine dünne Haut auf dem Spiegel zu bilden beginnt. Dann entfernt man die Haut und vergießt, wobei man den Einguß stets voll zu halten hat. Diese Vorsicht und das ziemlich kühle Vergießen sollen dem Saugen wehren.

Organische Verbindungen.

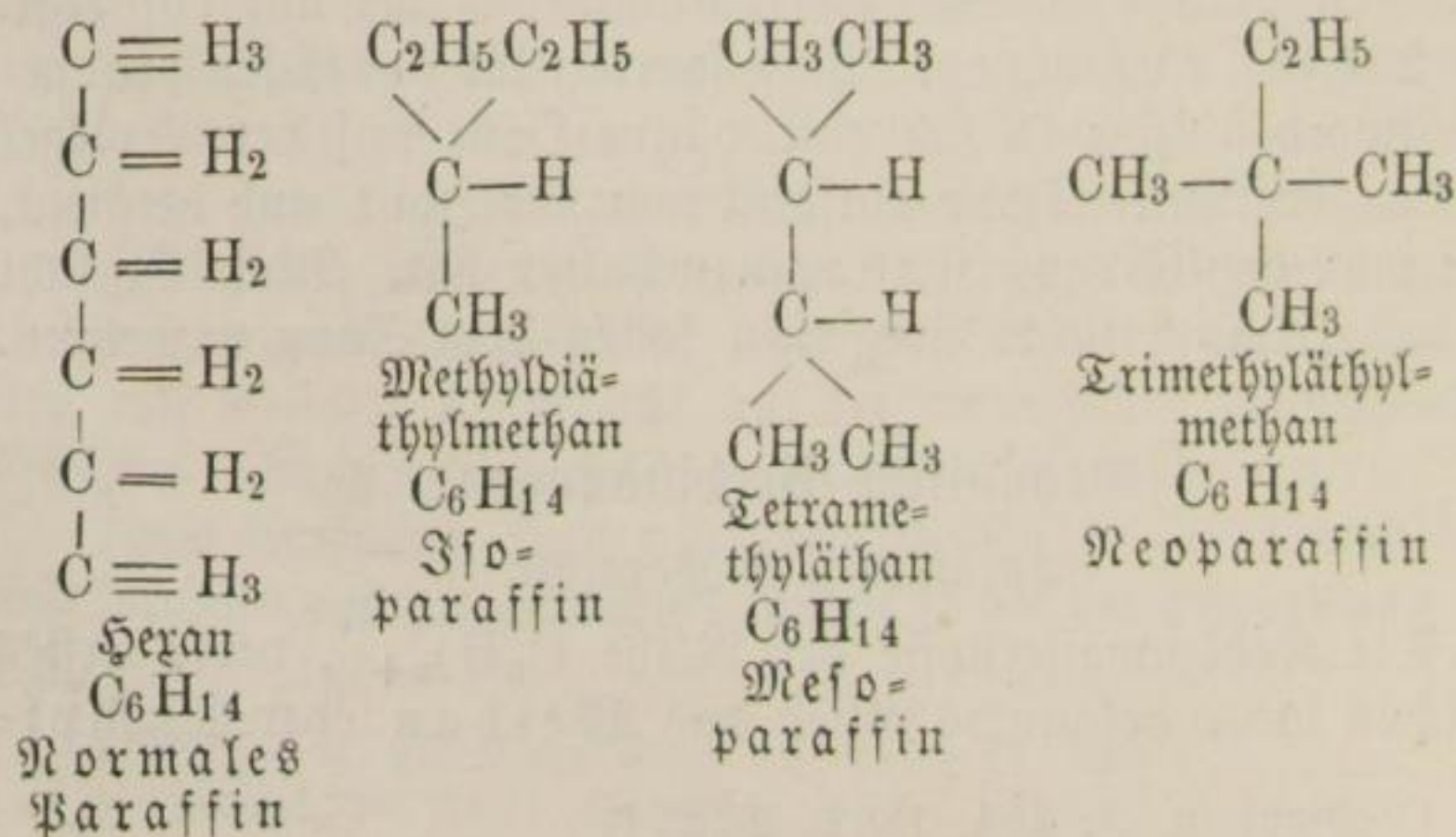
Paraffine und Paraffin.

Die Kohlenwasserstoffe der Reihe $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, deren erstes und schon lange bekanntes Glied das Methan oder Sumpfs-

1) Dingl. p. 3. 284. 1892. S. 254.

gas (CH_4) ist, sind erst seit etwa 1862 genauer untersucht worden. Die untersten Glieder der Reihe sind bei gewöhnlicher Temperatur Gase; es sind dies die Kohlenwasserstoffe Methan CH_4 , Aethan C_2H_6 , Propan C_3H_8 und Butan C_4H_{10} . Es folgen dann flüssige Kohlenwasserstoffe, etwa bis zum Pentadekan $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$. Die höchsten Glieder endlich sind fest, und ein Gemisch derselben wurde schon 1830 von Reichenbach im Holztheer aufgefunden. Reichenbach hielt dies Gemisch für einen einheitlichen Körper, dem er den Namen Paraffin ertheilte, der „schwachen Verwandtschaften“ (*parum affinis*) dieser Substanz wegen. So wird das Paraffin weder von Chromsäure, Salpeter- und Schwefelsäure noch von einem Salpeter-Schwefelsäuregemisch, im Dunklen auch kaum von Chlor angegriffen. Später erkannte man, daß Paraffin kein einheitlicher Körper, sondern ein Gemisch der Kohlenwasserstoffe Hexadekan $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ bis Pentatriacontan $\text{C}_{35}\text{H}_{72}$ ist, die alle in die Reihe $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ gehören. Da nun alle Kohlenwasserstoffe der Methanreihe die gleiche chemische Widerstandsfähigkeit, wie das Paraffin zeigen, schlug Watts vor, sie alle mit dem Namen der Paraffine zusammen zu fassen. So sind also Paraffine im wissenschaftlichen Sinne die Kohlenwasserstoffe $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ der Methanreihe, während Paraffin des Handels ein Gemisch fester Kohlenwasserstoffe aus dieser Reihe ist.

Die Paraffine bilden verschiedene isomere Gruppen, welche man auch durch den Namen unterscheidet. Die folgenden Formeln zeigen den Unterschied am schärfsten:



Die normalen Paraffine zeigen also einfache Verkettung der Kohlenstoffatome, so daß keins mit mehr als zwei anderen verbunden ist. Bei den Isoparaffinen ist ein Kohlenstoffatom mit drei andren verknüpft, die ihrerseits einfache Verkettung zeigen. Die Mesoparaffine besitzen mindestens zwei Kohlenstoffatome die mit je drei andren verkettet sind. In den Neoparaffinen endlich ist ein Atom Kohlenstoff mit vier andren verbunden. Am wichtigsten sind die normalen Paraffine; sie sind es auch, die fast ausschließlich in der Natur angetroffen werden. So machen sie die Hauptmasse des pennsylvanischen Erdöls aus. Aber auch in dem Paraffin des Handels, welches vorzugsweise aus Producten der trocknen Destillation von Braunkohle gewonnen wird, scheinen nur normale Paraffine enthalten zu sein.

Die Darstellung der Paraffine (soweit es sich nicht um ihre Ausscheidung aus Petroleum, Paraffin u. s. w. handelt) kann in der verschiedensten Weise geschehen, worüber jedes ausführlichere Lehrbuch der Chemie berichtet. Hier sei nur einer neueren Methode gedacht, welche von B. Röhlein herrührt.¹⁾ Darnach vermischt man ein normales Alkyljodid $C_nH_{2n-1}J$ mit Aluminiumchlorid (Verhältniß: $AlCl_3 + 3 C_nH_{2n-1}J$) und erhitzt das Gemisch in einer zugeschmolzenen Glasröhre. Als Beispiel diene die Darstellung des normalen Propan C_3H_8 . Es wurden 2.5 Gr. reines chlor- und wasserfreies Chloraluminium mit 9.6 Gr. reinem trocknen Normalpropyljodid C_3H_7J in einer Röhre gemischt, worauf man die Röhre luftfrei machte, zuschmolz und einige Stunden auf $130-140^\circ C$ erhitzte. Nach dem Erkalten zeigten sich drei verschiedene Stoffe in der Röhre: Prachtvolle Jodkrystalle, zu unterst eine braune halbflüssige Masse, darüber eine leicht bewegliche Flüssigkeit mit geringem Gehalte an gelöstem Jod. Die Röhre wurde in eine Kältemischung gesteckt und nach einiger Zeit geöffnet. Das entweichende Gas erwies sich als reines normales Propan. In gleicher Weise gelang es, bei 120° reines Butan C_4H_{10} und bei $140-150^\circ$ reines Aethan C_2H_6 darzustellen; doch muß man bei Aethan die Röhre auf -21° abkühlen. Ueber den Verlauf der Reaction ist auszusagen, daß wahr-

1) Berl. Ber. 16. 1883 S. 560.

scheinlich das Aluminiumchlorid zunächst aus einem Theile des Alkyljodids Jodwasserstoff abspaltet. Dieser wirkt dann, da er verhindert ist, gasförmig zu entweichen, reducirend auf die übrige Masse des Jodids.

Das Vorkommen der Paraffine in der Natur ist ziemlich beschränkt. Das wichtigste paraffinhaltige Naturerzeugniß ist das Petroleum, in welchem sich fast alle Kohlenwasserstoffe der Methanreihe, namentlich aber die flüssigen, nachweisen lassen. Mit dem flüssigen Petroleum gemeinsam, mitunter auch für sich allein, entströmen der Erde häufig Gase, die hauptsächlich die Paraffine Methan und Aethan enthalten. Methan tritt weiter als Zerzeugungsproduct der Steinkohlen, bei der Cellulosegährung u. s. w. auf und führt dann den Namen Grubengas und Sumpfgas, je nach dem Orte, an welchem man es antrifft. Vulcanische Gase zeigen bisweilen einen Gehalt an Methan; ebenso ist dieses Gas fast immer, oft sogar in sehr beträchtlichen Mengen, in den Darmgasen des Menschen enthalten. Die folgenden Paraffine, von Aethan ab, treten im Petroleum, namentlich dem pennsylvanischen auf, wie schon oben erwähnt wurde. Das normale Heptan C_7H_{16} ist sehr reichlich im Petroleum neben einem isomeren Heptan enthalten; es wurde aber auch durch C. Schorlemmer und T. E. Thorpe¹⁾ im ätherischen Oele des Harzes von Pinus Sabiniana Douglas nachgewiesen. Das Harz dieser Fichte wird mit Wasser der Destillation unterworfen; das flüchtige Destillat kommt in Californien unter Namen wie Abieten, Erasim, Aurantin, Theolin u. s. w. in den Handel. Bei der Fractionirung geht der Hauptantheil unter 101° über. Diese Fraction besteht nach der Reinigung mit Schwefelsäure aus reinem normalen Heptan. — Paraffine mit 13—15 Kohlenstoffatomen sind in Naturproducten noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen worden. Dagegen ist nach H. E. Roscoe das normale Hexadekan $C_{16}H_{34}$ wahrscheinlich ein Bestandtheil des Rosenölstearoptens. Dieser Kohlenwasserstoff bildet perlmutterglänzende Blättchen, die bei 21° schmelzen und bei 278° sieden. Auch nach dem Berichte von Schimmel & Co. in Leipzig (Oct. 1890) enthielt das

1) Lieb. Ann. 217. 1883 S. 149.

Stearopten einen bei 21° schmelzenden Antheil; daneben ist aber noch ein anderer paraffinartiger Körper mit dem Schmelzpunkt $40-41^{\circ}$ vorhanden. Von den Paraffinen schmilzt bei dieser Temperatur das normale Heneicosan $C_{21}H_{44}$. — Die höheren Paraffine bis zum Triakontan $C_{30}H_{62}$ hat man im Paraffin des Handels gefunden; Paraffin ist bekanntlich auch in den höher siedenden Antheilen des Erdöls enthalten.

Genauere Kenntniß von den Eigenschaften der normalen Paraffine und von ihrer Darstellung haben wir hauptsächlich durch F. Krafft gewonnen. Ueber die von diesem Gelehrten ausgeführten Untersuchungen ist bereits in diesem Jahrbuche (18. 1882. S. 393—407) ausführlich berichtet worden. Es handelte sich da um die Kohlenwasserstoffe Undekan $C_{11}H_{24}$ bis mit Pentatriakontan $C_{35}H_{72}$, welche Reihe nicht ganz lückenlos blieb. Diese Lücken hat F. Krafft inzwischen theilweise ausgefüllt und auch sonst unsre Kenntniß von den Paraffinen erweitert.¹⁾ Die bisher zur Darstellung der Paraffine von Krafft angewendeten Methoden waren die folgenden: 1. Reduction von Ketonen durch Einwirkung von Phosphorpentachlorid oder von Jodwasserstoff und Phosphor; 2. Hydrogenisirung höherer Fettsäuren; 3. Reduction höherer normaler primärer Alkohole. Besonders die zuerst genannte Methode ergab vorzügliche Resultate. Hierzu kommt nun als vierter Weg, anwendbar auf Kohlenwasserstoffe mit gerader Kohlenstoffatomanzahl, die Einwirkung von Natrium auf Alkyljodide im offenen Gefäße und fast bei gewöhnlicher Temperatur. Die ersten Arbeiten in dieser Richtung rühren von A. Mechin und von Sorabji her und führten zur Gewinnung des normalen Dotriakontans $C_{32}H_{66}$. Normales primäres Cetyljodid $C_{16}H_{33}J$ (aus Cetylalkohol + HJ bereitet) wird in Aether oder Benzol gelöst, worauf man Natrium einträgt. Durch Aus- und Umkrystallisiren erhält man das reine Dotriakontan in silberglänzenden Blättern, die bei 70° schmelzen, im flüssigen Zustande $D=0.781$ bei 70° haben und unter einem Drucke von 15 mm bei 310° sieden. Aus Decyljodid wurde dann in ganz analoger Weise Eiko-

1) Berl. Ber. 19. 1886. S. 2218. — 21. 1888 S. 2256.

Jan $C_{20}H_{42}$ dargestellt, welches bei 36.7° schmilzt und unter 15 mm Druck bei 205° siedet. Die weiteren so dargestellten Paraffine mit ihren physikalischen Constanten sind nebst einigen anderen in folgender Uebersicht zusammengestellt:

Paraffin	Schmelzpunkt	Dichte bei der Temperatur des Schmelzpunktes	Siedepunkt unter 15 mm Druck
Tetradekan . . . $C_{14}H_{30}$	$5.4 - 5.5^{\circ}$	0.7738	129.5°
Hexadekan . . . $C_{16}H_{34}$	$18.2 - 18.3^{\circ}$	0.7754	157.5°
Octadekan . . . $C_{18}H_{38}$	28°	0.7766	181.5°
Eicosan $C_{20}H_{42}$	36.7°	0.7776	205.0°
hentriacontan . $C_{31}H_{64}$	68.1°	0.7808	302.0°
dotriacontan . $C_{32}H_{64}$	70.0°	0.7810	310.0°
pentatriacontan $C_{35}H_{72}$	74.7°	0.7816	331.0°

Hierzu ist noch folgendes zu bemerken. Der normale primäre Nonylalkohol, dessen man zur Herstellung des Octadekans bedarf, war bisher noch nicht dargestellt worden. Krafft führte seine Darstellung durch, indem er nonylsaures Baryum mit ameisen-saurem Baryum im luftverdünnten Raume der trocknen Destillation unterwarf und den erhaltenen rohen Aldehyd mit Eisessig und Zinkstaub reducirte. Es ergab sich Essigsäure-nonylester, welcher mit alkoholischer Kalilauge verseift wurde. Nach Zusatz von Wasser schied sich der Nonylalkohol ab, wurde mit starker Lauge gewaschen und abdestillirt (Schmelzpunkt -5° , Siedepunkt bei 15 mm Druck 107.5° , D bei $4^{\circ} = 0.8415$). Zur Darstellung des Octadekans wurde Octyljodid aus dem Alkohol des Heracleumöls benutzt. Das Tetradekan endlich wurde aus einem aus Denanthol dargestellten Heptylalkohol bereitet. Schließlich gilt als Regel, daß Natrium nur auf die Normalalkyljodide leicht, schwieriger auf secundäre Alkyljodide einwirkt.

Die zweite, schon angeführte Arbeit von F. Krafft bezieht sich auf die Isolirung der höheren Normalparaffine aus Braunkohlenparaffin. Seit das Paraffin fabrikmäßig aus Braunkohlentheer gewonnen wird, also etwa seit 1856, ist dasselbe natürlich von erhöhtem Interesse für den Chemiker gewesen. Trotzdem hat man bis heute angenommen, dasselbe sei ein unentwirrbares Gemisch homologer, vielleicht sogar isomerer höherer Glieder der Sumpfgasreihe. Entgegen

dieser Ansicht ergibt sich aus den Versuchen von Krafft die Möglichkeit, die Kohlenwasserstoffe des Paraffins durch fractionirte Destillation im luftverdünnten Raume mindestens sehr annähernd zu trennen. Es wurden 350 Gr. sog. Schuppenparaffin (großblättrig krystallinisch, Schmelzpunkt $30 - 35^{\circ}$, D bei $35^{\circ} = 0.7798$, Siedepunkt unter 15 mm Druck $185 - 235^{\circ}$) einer fortgesetzten und systematischen Fractionirung unterworfen, und zwar unter 15 mm Druck. Das Paraffin destillirte anfangs etwa bei $195 - 215^{\circ}$ ab; alsdann nahm man ein zeitweilig unterbrochenes Steigen des Thermometers wahr, so daß also die Scheidung der Paraffinbestandtheile nach dem Siedepunkte möglich war. Die einzelnen Fractionen wurden dann weiter fractionirt, bis man zweifellos constant schmelzende und siedende Antheile isolirt hatte. Endlich erfolgte ein Umkrystallisiren aus Aetherweingeist, um geringe ölige Beimischungen (durch Zersetzung beim viertägigen Erhitzen des Paraffins entstanden) auszuschneiden. Hiernach hatte man im Ganzen noch 263.2 Gr. Paraffine; die Ausbeute betrug also rund 75% und zwar wurden erhalten:

5 Gr.	Heptadecan	$C_{17}H_{36}$;	Schmelzpunkt	22°	statt 22.5°
22.9	= Octadecan	$C_{18}H_{38}$;	=	$26.4 - 27.5^{\circ}$	= 28.0°
79.4	= Nonadecan	$C_{19}H_{40}$;	=	$30.5 - 32.5^{\circ}$	= 32.0°
85.1	= Eicosan	$C_{20}H_{42}$;	=	$34.6 - 37^{\circ}$	= 36.7°
42.4	= Heneicosan	$C_{21}H_{44}$;	=	$38 - 40^{\circ}$	= 40.4°
20.1	= Docicosan	$C_{22}H_{46}$;	=	$42 - 43.5^{\circ}$	= 44.4°
8.3	= Tricosan	$C_{23}H_{48}$;	=	$45 - 48^{\circ}$	= 47.7° .

Das Eicosan bildete wohl etwa $\frac{1}{3}$ des ursprünglichen Paraffins; der Menge nach würde alsdann das Nonadecan folgen. Aus den angeführten Thatsachen folgt, daß die Einzelgewinnung sämtlicher in einem Handelsparaffin enthaltenen Methanhomologen zwar bei einiger Uebung keine Schwierigkeiten bietet, aber doch viel Zeit kostet. Dagegen ist es sehr leicht, diejenigen 2—3 Kohlenwasserstoffe des Paraffins fast rein darzustellen, die seine Hauptmasse ausmachen. Zum Beispiel:

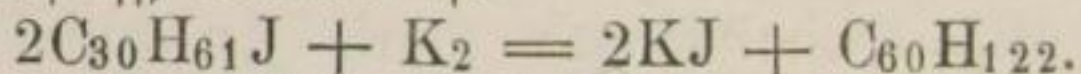
Paraffin II: schmilzt bei $42 - 47.2^{\circ}$; D bei $47.2^{\circ} = 0.7805$; Siedepunkt bei 15 mm $= 220 - 270^{\circ}$.

Tricosan: schmilzt bei 47.7° ; D bei $47.7^{\circ} = 0.7785$; Siedepunkt bei 15 mm $= 234^{\circ}$.

Das Paraffin II besteht also vorwiegend aus Tricosan und etwa den beiden nächst höheren Homologen.

Den höchsten Kohlenwasserstoff der Methanreihe,

den man bis jetzt kennt, haben C. Hell und C. Hägele aus dem Myricylalkohol des Carnaubawachses dargestellt¹⁾. Myricylalkohol wird mit gewöhnlichem Phosphor im Delbade auf 130 bis 140° erhitzt, worauf man Jod in kleinen Mengen nach und nach einträgt, bis sich andauernd violette Dämpfe entwickeln. Man erwärmt weiter bei 140°, bis keine Gasblasen mehr entweichen, kocht die Schmelze bis zur neutralen Reaction mit Wasser aus und krystallisirt den Rückstand aus Alkohol, dann aus Petroleumäther um. Man erhält so weiße glänzende Blättchen des Myricyljodids, welche bei 70—70.5° schmelzen. Das Jodid wird nun mit dem zehnten Theile seines Gewichtes an fein geschnittenem Kalium im Delbade auf 130—140° erhitzt, bis die Reaction, bestehend in Bildung von Jodkalium und Kohlenwasserstoff, beendet ist:



Der neue Kohlenwasserstoff $C_{60}H_{122}$, dem man den Namen Hexakontan geben müßte, wird aus der Reactionsmasse durch Auskochen derselben mit Wasser, Alkohol, Petroleumäther, endlich Eisessig isolirt und schließlich aus Benzol umkrystallisirt. Er bildet ein weißes Pulver, schmilzt bei 101—102°, löst sich sehr wenig in heißem Alkohol und Aether, ein wenig mehr in Petroleumäther und Eisessig, am leichtesten in Chloroform und Benzol. Selbst im luftverdünnten Raume scheint er nur theilweise unzersezt flüchtig zu sein.

Gewinnung von Paraffin aus Braunkohlentheer. — Unter den zahlreichen Berichten über die Entwicklung der Paraffinindustrie, soweit dieselbe auf die trockne Destillation der Braunkohlen begründet ist, steht der vom Director der Paraffinabriken der A. Riebeck'schen Montanwerke, Actiengesellschaft Halle a. S., von Krey verfaßte an Umfang und Bedeutung obenan.²⁾ Ihm entnehmen wir die folgenden Mittheilungen. Die Verwerthung der Braunkohlen zur Paraffin-fabrikation in der Provinz Sachsen hat hauptsächlich durch den verstorbenen Begründer der größten Paraffinfabrik, der Fabrik Webau bei Weißensels, C. A. Riebeck den Aufschwung und die Ausdehnung erhalten, der sie jetzt zu einer der bedeu-

1) Berl. Ber. 22. 1889 S. 502.

2) Dingl. p. 3. 277. 1890 S. 426. 460.

tendsten chemischen Industrien Deutschlands macht. Der Fabrik-
Werbau dient als Ausgangsmaterial der Theer der sächsischen
Braunkohle, welcher in einer Anzahl von „Schweelereien“
gewonnen und in Werbau zu 12000 metr. Centnern monatlich
verarbeitet werden kann. Der Braunkohlentheer enthält
Kohlenwasserstoffe der Methan- und der Aethylenreihe, sauer-
stoffhaltige Körper vom Charakter der Harze, stickstoffhaltige
Körper (Picoline), Mercaptane und höhere Thiophene. Er wird
zunächst der D e s t i l l a t i o n unterworfen, wobei nicht bloß physi-
kalische Scheidung der flüchtigen Producte nach dem Siedepunkte,
sondern auch ein chemischer Zersetzungproceß stattfindet, dessen
richtige Führung für gute Ausbeute an werthvollen Destillaten
maßgebend ist. In Werbau wird seit 1884 im luftverdünnten
Raume destillirt, wodurch secundäre Zersetzungen in Folge der
Möglichkeit, bei erniedrigter Temperatur zu arbeiten, vermieden
werden. Es bilden sich daher viel weniger Koks; die Rückstände
sind flüchtig und lassen sich leicht abziehen. Man kann in Folge
desser die Blasen rasch entleeren und wieder füllen, so daß eine
Blase 2—3 mal in derselben Zeit benutzbar wird, in der sie frü-
her eine einzige Destillation zuließ. Auch gleicht die Evacuirung
die Einwirkung der Tensionen und Dampfdichten der Kohlen-
wasserstoffe aus. Die Tensionen sinken, die Dampfdichten steigen
mit jedem CH_2 des Kohlenwasserstoffs. So wird eine schärfere
Fractionirung und schnellere Destillation ermöglicht. Die Er-
zeugung der Luftleere geschieht durch R ö r t i n g ' s c h e Luftsauger.
An jede Blase schließt sich eine gußeiserne Kühlschlange an,
die in einem eisernen Kühlfaße liegt. Die verdichteten Destillate
gelangen abwechselnd in eine der beiden zu jeder Retorte ge-
hörigen Vorlagen; das Wechseln geschieht nach Füllung der
ersten Vorlage, die inzwischen entleert wird. Die Heizung der
Retorten erfolgt durch directes Feuer; der Druck bei der De-
stillation der paraffinhaltigen Oele soll 40—50 cm Quecksilber
betragen. Aus den Vorlagen laufen die Destillate in Vor-
rathsbehälter. Auf die eigentliche Destillation des Theers folgt
die fractionirte Destillation der Theeröle. Letztere sind
schon in schwere und leichte geschieden. Die schweren Oele
kommen in Blasen, welche den Theerdestillirblasen gleichen und
wie diese am tiefsten Punkte einen Abflaßhahn haben, aus dem
die Residua durch Rohrleitungen in die Residuumsfessel fließen.

Von hier werden die Rückstände durch gepresste Luft in die Rückstandsblasen gefüllt, wo man bis zur Trockne abdestillirt; bei Theerrückständen geschieht dies über Kalk. Die Trockenrückstände bilden Koks. Die Blasen zur Destillation des leichten Oels sind mit 2 m hohen Colonnen (ähnlich den in der Spiritusindustrie gebräuchlichen) versehen, um so eine bessere Fractionirung der Destillate zu ermöglichen. Die Destillation der leichten Oele erfolgt über Natrium.

Die erste Theerdestillation liefert Rohöl und Rohparaffinmassen. Das Rohöl wird 2—4 mal rectificirt. Bei der zweiten Destillation erhält man helle Gasöle, bei der dritten Benzin, Leucht- oder Solaröl, Putzöl, helle und dunkle Gasöle. Die vierte Destillation liefert dunkle Gasöle und Fettöle. Die Fractionirung der Rohöle bezweckt aber nicht bloß, reinere Oele zu ergeben, sondern ebenso das gelöste Paraffin durch allmähliche Concentration zur Ausscheidung zu bringen.

Aus schweren geringwerthigen Oelen lassen sich werthvollere leichte Oele durch Destillation unter Druck herstellen.¹⁾ Ferner werden Abgänge der Mischerei (siehe unten) durch Einströmen von überhitztem Dampf vom Boden der Blase aus destillirt, wobei als Destillat Creosotöl, als Rückstand Asphalt gewonnen werden; der Asphalt wird aus den Blasen mit gepresster Luft in Formen abgedrückt. Endlich findet bei Herstellung der leichtesten Oele, des Benzins, auch Destillation mit gewöhnlichem Wasserdampf, ohne jede weitere Heizung statt. Dagegen hat sich Dampfeinlaß vom Boden in die direct geheizten Vacuumblasen als ungünstig für die Paraffinausbeute erwiesen. — Der Destillation folgt die chemische Reinigung der Destillate, der sogenannte Mischproceß. Man untermischt die Oele mit Schwefelsäure, welche die basischen Körper neutralisirt und hochsiedende ungesättigte Kohlenwasserstoffe, sowie Harze auflöst. Das Auftreten von Schwefeldioxyd bei dieser Arbeit weist auf stattfindende Oxydationen hin. Aus den schwefelsauren Lösungen der Basen ließen sich Basen der Pyridinreihe, einige Picoline sogar rein gewinnen, während das Pyridin selbst darin fehlt; ebenso sind Chinoline und Acridine nicht vorhanden. Auf das Waschen

1) Dingl. p. 3. 264. 1887 S. 336.

mit Schwefelsäure folgt die Reinigung mit Natronlauge, wodurch die sauren Körper neutralisirt und in alkalisch wässrige Lösung übergeführt werden. Diese sauren Körper im Gemisch nennt man gewöhnlich Kreosot; es befinden sich darunter die drei Kresole, sowie Kreosol. Aus der alkalischen Lösung kann man durch Verdünnen zunächst schwere Oele abscheiden, die nicht sauren Character besitzen; durch verdünnte Säuren scheidet man aus der Lösung des Kreosotnatrons ein verkäufliches Rohkreosot ab. Die Mischung selbst erfolgt in geschlossenen cylindrischen Gefäßen mit conischem Deckel und Boden, von denen jedes 18000 Kgr. faßt. Die Gefäße sind aus Schmiedeeisen mit Walzbleifutter hergestellt; die zu reinigenden Oele fließen einfach zu, während Schwefelsäure oder Natronlauge durch gepresste Luft aus in den Fußboden eingelassenen Druckkesseln gehoben werden. Man verwendet Schwefelsäure mit 66 und 50° B, gelegentlich auch rauchende, und Natronlauge mit 32 und 40° B. Das Mischen geschieht durch Luftpumpen oder durch einströmende Luft. Nach der Verwendung der chemischen Reagentien folgt das Ablassen der Mischprodukte (mit Theerbestandtheilen beladene Chemikalien) und das Auswaschen der Säure oder Lauge mit Wasser. Mischen und Destilliren wird so oft wiederholt, bis der gewünschte Reinheitsgrad des Oels erreicht ist.

Der unangenehmste Begleiter der Braunkohlentheeröle ist der Schwefel, der je nach dem Schwefelkiesgehalt der Kohle in sehr verschiedenem Betrage auftritt. Rohtheer enthält 0.4 bis 4% S. Ein Mittel zu seiner völligen Beseitigung ist nicht bekannt.

Die Fractionirung der Braunkohlentheeröle liefert, wie schon erwähnt, einerseits Oele, andererseits Paraffinmassen (paraffinreiche Oele). Die Bezeichnung der Oele ist die folgende: 1. Leichtes Oel, fälschlich Benzin genannt, mit $D=0.79$ bis 0.8 . 2. Solar- oder Leuchtöl mit $D=0.825$ bis 0.83 , Entflammungspunkt 50° , farblos, bis 260° siedend. 3. Putz- oder Extractionsöl mit $D=0.85$ bis 0.86 , Entflammungspunkt 100° , fast farblos bis schwach gelb, bis 280° siedend. 4. Helle bis rothe Paraffinöle mit $D=0.86$ bis 0.88 , bis 300° siedend. 5. Fettöle und gelbe bis rothe Paraffinöle mit $D=0.88$

bis 0.9 für bessere Schmiermittel, Kreosotprodukte, Pech und Goudron. 6. Dunkle Paraffinöle mit $D = 0.88$ bis 0.925, von rothbrauner bis schwarzer Farbe, zur Gas- und Schmiermittelherstellung.

Die paraffinreichen Oele werden auf Paraffin verarbeitet. Dies geschieht durch Abkühlung, wobei das Paraffin auskrystallisirt, und Abziehen oder Abpressen der Mutterlauge aus den Paraffinmassen. Das Krystallisiren geschieht in sog. Hülsen. Das sind prismatische, nach oben sich conisch erweiternde Formen von 27 Kgr. Fassungsraum, in deren Mitte eine Krücke lose eingesetzt ist. Die paraffinreichen Oele werden eingefüllt und gekühlt, wobei sich so viel Paraffin ausscheidet, daß die ganze Masse erstarrt. Nun wird die Hülse mit zwei Öhren fest an die Ziehbank gehängt, die Krücke aber auf der Ziehbank herausgezogen, wobei sie den erstarrten Inhalt der Hülse mit heraus befördert. Die Krystallisation in Hülsen findet Anwendung bei den Paraffinreichen Oelen der ersten bis mit dritten Destillation, und zwar werden die Hülsen für Paraffinmassen der ersten Destillation mit kaltem Wasser auf 18° , die für Paraffinmassen der zweiten und dritten Destillation auf 0° gekühlt. Im letzteren Falle wendet man Salzlösungen an, die in Ammoniakmaschinen auf -5° abgekühlt wurden. Die paraffinreichen Oele der dritten und vierten Destillation ergeben Paraffin unter 42° Schmelzpunkt und werden in anderer Weise zur Krystallisation gebracht. Man füllt sie in Cylinder von 4000—5000 Kgr. Inhalt und läßt sie in der Winterkälte stehen. Ist die Krystallisation beendet, so öffnet man ein Ventil am Boden, durch welches das Paraffinöl abläuft, während die Paraffinschuppen im Gefäße zurückbleiben.

Die Paraffinmasse aus den Hülsen fällt von der Ziehbank sogleich in einen Trog, in welchem sie durch einen Maischapparat zerkleinert wird. Die zerkleinerte Masse wird nach den Filterpressen gedrückt, wohin auch die Paraffinschuppen gelangen. Hier findet eine erste Entölung statt. Die Preßlinge gelangen in stehende hydraulische Pressen und werden hier einem Drucke von 80—100 Atm. ausgesetzt. Die Preßrückstände enthalten jetzt schon 90% Paraffin. Sie er-

fahren nun einen Waschproceß unter Druck. Sie werden geschmolzen und mit leichtem Braunkohlentheeröl vermischt, mit dem sie gleichmäßig erstarren. Dann schneidet man das Paraffin in Platten und preßt es von neuem; das ablaufende Benzin enthält die Verunreinigungen. Dieselbe Arbeit wird, wenn nöthig, mehrfach wiederholt, worauf man zum Abblasen des Benzins verschreitet. Die Preßlinge kommen in Blasen mit vorgelegten Kühlern und werden der Wirkung des einströmenden Wasserdampfs bei gleichzeitiger Luftverdünnung ausgesetzt. Das Benzin entweicht mit den Wasserdämpfen und wird im Kühler verdichtet; reines Paraffin fließt aus den Blasen in Erstarrungsgefäße ab. Die von den Pressen abgelaufenen Oele (Zusatzöle) enthalten gewisse Mengen Paraffin gelöst, und zwar die Antheile vom niedrigeren Schmelzpunkte. Sie gelangen zur Destillation, zum Mischproceß, zur Krystallisation u. s. w., ähnlich den Rohölen. Uebrigens arbeitet die Fabrik nicht bloß mit stehenden Pressen für 80—100 Atm. Druck und Accumulatorenbetrieb, sondern auch mit liegenden Pressen für 200 Atm. Druck.

Es folgt als letzte Arbeit die Entfärbung des Paraffins. Man mischt das geschmolzene Paraffin durch Einblasen von trockner, filtrirter Luft mit Theerkohle oder Rückständen der Blutlaugensalzfabrikation (dem sog. Entfärbungspulver) in großen cylindrischen Gefäßen, worauf man die noch flüssige Masse durch Papier abfiltrirt. Die Rückstände werden in besonderen, mit Rührwerk versehenen Apparaten mit leichten Theerölen extrahirt, indem man gleichzeitig mit indirectem Dampfe heizt, bis ein Druck von 1 Atm. im Apparate herrscht. Darauf läßt man den Inhalt des Extractors auf eine Filterpresse ab, in welcher das Reinigungsmittel zurückbleibt, während die Paraffinlösung abfließt. Bei doppelter Extraction wird alles zurückgehaltene Paraffin wieder gewonnen.

Das reine Braunkohlenparaffin besteht zum größten Theile aus höheren Normalparaffinen der Methanreihe. Außerdem sind geringe Mengen von ungesättigten Kohlenwasserstoffen darin enthalten. Reinstes Weichparaffin vom Schmelzpunkt 37° enthält davon 6%; 100 Gr. davon addiren 9.95 Gr. Jod. Aber auch Hartparaffin vom Schmelzpunkt 55° addirt auf 100 Theile noch 4.1% Jod, was etwa

2.5% der ungesättigten Kohlenwasserstoffe entsprechen würde, gleiche Art derselben wie im Weichparaffin vorausgesetzt.

Das Paraffin gelangt zum größten Theil in die Kerzenfabrik, welche die größte Deutschlands ist und mit 122 Gießmaschinen arbeitet. Man unterscheidet Paraffinkerzen und Compositionskerzen. Die Paraffinkerzen kommen in fünf Sorten in den Handel, als Krystall-, Brillant-, Paraffin-, Naturell- und Weihnachtskerzen. Die reine Paraffinkerze ist bläulich durchscheinend; die Weihnachtskerzen werden mit 6 verschiedenen giftfreien Farben gefärbt. Die Compositionskerze enthält mehr Stearin, als die Paraffinkerze und gleicht daher im Aeußeren der Stearinkerze. Ihr Leuchtwerth steht über dem der Stearinkerze. Für gleiche Leuchtkraft steht der Preis für Stearin, Composition und Paraffin im Verhältnisse 7.8 : 5.8 : 5.0. Der Stearinzusatz beträgt bei reinen Paraffinkerzen 1.5—2%, bei Weihnachtskerzen bis zu 4%, für Composition bedeutend mehr. Paraffinstearinmischungen zeigen das Verhalten von Legirungen, d. h. besitzen keineswegs den Durchschnittsschmelzpunkt. So schmilzt eine Mischung aus $\frac{2}{3}$ Paraffin mit dem Schmelzpunkt 45° und $\frac{1}{3}$ Stearin vom Schmelzpunkt 54° nicht bei 48° , sondern schon bei 41° . Die Composition wird mit dem Schmelzpunkt 48° hergestellt. Auch scheidet sich Stearin aus der Paraffinmischung leicht aus, so lange diese flüssig ist. Der Stearingehalt einer Compositionskerze in Spitze und Fuß differirt deshalb um 2—3%.

Von den übrigen Fabriken der Riebeck'schen Montan-gesellschaft (Neußen, Teutschenthal, Ober-Röblingen) ist im allgemeinen nichts besonders abweichendes zu berichten. Nur ist zu bemerken, daß Ober-Röblingen hauptsächlich Gasöl erzeugt, welches zur Delgasbereitung dient. Das Gas aus Paraffinöl, auch das Fettgas, ist dem Kohlengas um das vierfache an Leuchtkraft überlegen, weil es einen viel höheren Aethylengehalt besitzt. Freilich ist die Ausnutzung des Gasöls bei verschieden guten Anlagen eine sehr verschiedene. Als Normalöl wird ein solches angesehen, welches aus 100 Kgr. eine Ausbeute von mindestens 60 cbm Leuchtgas liefert. Das Gas soll bei 35 Lit. stündlichem Verbrauch 7.5 deutsche Normalkerzen Lichtstärke, also einen Lichtwerth von 12857 besitzen.

Wie schon S. 328 erwähnt wurde, gehen bei der Rei-

nigung der Paraffinöle mit Schwefelsäure Basen der Pyridinreihe in Lösung. Wie A. Weller¹⁾ gefunden hat, enthält gelbes Paraffinöl mit $D = 0.85$ bis 0.86 , welches bei der Chininfabrikation verwendet wird, noch alkaloidartige Stoffe gelöst, wenn es ungenügend mit Schwefelsäure gereinigt wurde. Die durch Ausschütteln mit Säure und Ausscheidung aus dem sauren Auszug erhaltenen Basen bildeten im gereinigten Zustande ein farbloses Del mit $D = 0.98$ bis 0.99 von unangenehm durchdringendem Geruche, der in der Kälte an Moder, in der Wärme an Pyridin erinnerte. Noch bei -11° trat kein Erstarren ein. In Wasser lösen sich die Basen nicht, ziehen aber Feuchtigkeit an. Mit Alkohol, Aether und Chloroform mischen sie sich leicht. Bei 220 bis 260° destillirt das Gemisch fast vollständig; es ist stickstoffhaltig, aber sauerstoff- und schwefelfrei.

Ueber die Theerschweelerei selbst seien die folgenden Angaben nachgetragen.²⁾ Die Schweelkohle ist im grubenfeuchten Zustande mehr oder weniger plastisch bis schmierig und fühlt sich fettig an. Sie muß, soll sie verwendbar sein, mindestens 8% Theer, bezogen auf einen Wassergehalt von 55% bei der Analyse ergeben, was einem Ausbringen von 3.9 bis 4 Kgr. Theer für den Hectoliter im Großbetriebe entspricht. Die Retorten zur Theerschweelerei bestehen aus 5 — 6.9 m hohen und 1.255 — 1.883 m weiten Cylindern aus Gußeisen oder Chamotte. Nach unten sind sie durch einen Deckel verschlossen. Oeffnet man diesen, so fallen die abgeschweelten Koks, gewöhnlich Grude genannt, in einen gemauerten oder eisernen Raum. Im Cylinder befinden sich eiserne Glocken, die in geringem Abstand über einander angeordnet sind, mit der weiten Oeffnung nach unten. Sie lassen überall zwischen ihrem unteren Rande und der Retortenwand einen Raum von 80 cm frei, durch welchen die von oben aufgeschütteten Kohlen allmählich heruntergleiten. In das Innere der Glocken entweichen die Gase und werden von hier aus in drei verschiedenen Zonen abgesaugt; die Glocken jedes Systems sind unter sich durch Oeffnungen am oberen Ende in freier Verbindung.

1) Berl. Ber. 20. 1887 S. 2097.

2) Berg- u. Hüttenm. Ztg. 49. 1890 S. 308.

Die Heizung der Retorten erfolgt von außen, indem Feuer- gasen in Schlangenwindungen um den Cylinder streichen. Die Gase und Dämpfe gelangen in Vorlagekästen, dann in Schlangen- rohre, welche mit Luft oder Wasser gekühlt sind. Zwischen Vorlage und Kühler befindet sich der Exhaustor, der die Dämpfe aus den Retorten schnell absaugt. Die nicht verdichteten Gase werden zur Feuerung der Schmelzcyliuder verwendet. Das Ausbringen beträgt 55—85% von dem berechneten Theerge- halt der Kohle.

Eine besondere Art der Reinigung von Paraffin- öl hat G. T. Beilby¹⁾ angegeben (Engl. P. 13446). Das Del soll zunächst in gewöhnlicher Weise der Einwirkung von Schwefelsäure und von Natronlauge ausgesetzt werden. Dar- auf mischt man eine Lösung von Natriumacetat in Aethyl- oder Methylalkohol im geschlossenen Gefäße zu und läßt die Schei- dung durch Ruhe erfolgen. Es scheidet sich eine alkoholische Lösung unten ab, welche die Unreinigkeiten enthält und aus der man den Alkohol durch Destillation wieder gewinnt. Das gereinigte Paraffinöl wird defantirt. Ueber die Raffini- rung schwerer Paraffinöle des Braunkohlentheers hat E. v. B o y e n wichtige Mittheilungen veröffentlicht.²⁾ Diese Paraffinöle sind, wie ihre chemischen Reactionen lehren, in ihrer Zusammensetzung grundverschieden von den Normal- ölen, welche die Erde liefert. Es ist nicht möglich, wie bei der Reinigung von Normalölen einfach so lange mit Schwefel- säure auszuschütteln, bis an letztere nichts mehr abgegeben wird, denn bei den Paraffinölen würde dieses Verfahren schließ- lich fast nichts mehr vom Ausgangsmaterial übrig lassen. Das Del würde zuerst an die Säure harzige, klebrige, zähe Massen abgeben, die sich im Wasser nicht auflösen, weiterhin aber zum größten Theile in wasserlösliche Sulfosäuren ver- wandelt werden. Boyen hat nun Reinigungsversuche ange- stellt und sich dabei eines Braunkohlenparaffinöls mit einem über 0.9 liegenden specifischem Gewichte bedient. Solche Dele beginnen über 300, meist bei 360° zu sieden. Sie bilden das Ablauföl von Tertiäparaffinmassen und geben bei der frac-

1) Chem. Ind. 9. 1886 S. 18.

2) Chemik. Ztg. 14. 1890 S. 267. 289.

tionirten Destillation im Laboratorium zuerst sehr unangenehm knoblauchartig riechende Destillate, später solche, die brenzlich und nach Acrolein riechen. Bei Destillation im Großen ist nur der Knoblauchgeruch der ersten Fractionen, nicht aber später der Acroleingeruch wahrnehmbar. Der Acroleingeruch der Destillate verschwindet bei langem Stehen in Luft, wobei sich gleichzeitig das Del dunkel färbt. Die Veränderung, welche das Del bei der Destillation erleidet, geschieht jedoch nicht durch den Sauerstoff der Luft, sondern hauptsächlich durch die hohe Destillationstemperatur. — Die Paraffinöle des Braunkohlentheers unterliegen, wenn sie nach der Destillation mit Schwefelsäure gereinigt und darauf neutral gemacht worden sind, im Sonnenlichte unter Mitwirkung der Luft einer Bleichung. Man muß hierzu nicht zu große Gefäße aus farblosem, minder gut aus blauem oder grünem Glase verwenden, so daß die Dele dem Sonnenlichte möglichst große Fläche bieten. Die Temperatur sei 20—25°, die Luft trocken und staubfrei. Zerstreutes Licht wirkt viel schwächer als directes Sonnenlicht. Es bildet sich während der Bleichung ein schwarzer zäher Schlamm als Bodensatz, aus Phenolen und Säuren bestehend, von dem sich das blanke helle Del leicht abziehen läßt. Die Ursache der Bleichung ist in einer Ozonisation des Luftsaurestoffes durch die Kohlenwasserstoffe des Dels zu suchen, daher man auch nicht über den Punkt größter Bleichung hinaus stehen lassen darf, da sonst das Ozon die Bildung von Essigsäure und ihren Homologen herbeiführen soll. — Die Raffinirung der Paraffinöle durch Destillation liefert nicht direct handelsfähige Destillate, wohl aber nach den Dichten und Siedepunkten getrennte Antheile, welche von Neuem zur Säuerung geeignet sind, hat also indirect doch einen Reinigungswerth. — Die Säuerung der Dele erfolgt am besten mit dem kleinsten, practisch verwendbarem Procentsatz an Säure, nämlich von 2.5—4% Säure von 66° B oder mit noch weniger rauchender Säure. Das zu säuernde Del muß klar und absolut wasserfrei sein und soll nicht über 20°, am besten nur 10° Temperatur haben. Die Mischluft soll möglichst trocken sein. Das gesäuerte Del wird der Reinigung durch Thon unterworfen. Höchst fein gebeuteltes Mehl von reinem Thon besitzt nämlich im hohen Grade die Eigenschaft, die in Paraf-

finöl suspendirten schwarzen Ausscheidungen (verursacht durch die Einwirkung der Säure) zusammen zu ballen und niederzuschlagen. Die Mischung geschieht in demselben Apparate, in welchem gesäuert wurde. Man zieht die Säure ab, läßt die Luft einblasen und streut in Zeit von 15 Minuten portionenweise 1% Thonmehl ein. Dann läßt man eine Stunde in Ruhe, zieht die Ausscheidungen ab und wiederholt die Arbeit mit geringeren Thonmengen, bis das Del klar zu werden beginnt. Tritt keine weitere Klärung ein, so läßt man absetzen und zieht den Absatz ab. Es folgt die Reinigung mit Natronlauge. Man mischt bei 40—60° concentrirte Natronlauge (1—2%) ein und läßt dann 24 Stunden in der Wärme stehen, worauf man abzieht. Nach der Kühlung auf 20° erfolgt die zweite Säuerung mit 4% Schwefelsäure und dann die zweite Thonung mit 3% Thon. Im Oele sind jetzt noch gewisse Mengen von Sulfosäuren gelöst, die man durch Waschung beseitigt, wobei freilich die Sulfosäuren ziemlich viel Del in Emulsion mit in's Waschwasser überführen. Am besten kocht man das Del mit directem Dampfe, gibt nur wenig Wasser zu und zieht die milchigen Wässer ab, ehe man neue Wassermengen hinzufügt. Aus der Milch läßt sich zwar ein Theil des emulgirten Oels wieder gewinnen, doch ist dies nicht lohnend. Dem letzten Waschwasser fügt man 0.5 % Soda zu. Das gewaschene Del soll einen milden Geruch besitzen, in welchem Falle es der Bleichung unterworfen wird. Besitzt es noch zu starken Geruch und muß es destillirt werden, so mischt man es erst noch in der Wärme mit 1—2% Natronlauge.

Die Neutralisation des Oels kann man auch durch Einstreuen von trockner staubfreier Soda in Pulverform bewirken, genau so arbeitend wie beim Thonen; die Temperatur darf hierbei 30° nicht überschreiten.

Die Entfärbung des Paraffins geschieht wie S. 331 erwähnt, gewöhnlich durch Knochenkohle oder die Rückstände der Blutlaugensalzfabrikation. Von Behrigs¹⁾ wird statt dessen Thon in Vorschlag gebracht. Das Thonmehl muß äußerst fein vertheilt werden und völlig trocken sein. Man erhitzt es

1) Dingl. p. 3. 270. 1888 S. 182.

eine halbe Stunde vor dem Gebrauche bis auf 400° und mischt es mit mindestens noch 300° dem zu entfärbenden Paraffine bei. Es wirkt stärker entfärbend als Kohle, gestattet ein schnelleres Filtriren des Paraffins und läßt eine leichtere Extraction des zurückgehaltenen Paraffins zu.

Ueber Rückstandsparaffin berichtet E. v. Boyen¹⁾. Die noch flüssigen Rückstände sämtlicher Destillirblasen wurden früher in einer Blase gesammelt und destillirt. Das Destillat bildete die Rückstandsparaffinmasse. Dieselbe wurde gesäuert, neutralisirt, destillirt. Das Destillat wurde auf Paraffin verarbeitet. Beim Einschmelzen des Rohparaffins schied sich ein gelbgrüner Schlamm am Boden ab, der als werthloses Abfallprodukt gesammelt wurde. Hieraus läßt sich ein Paraffin gewinnen, welches grün gefärbt ist, beim anhaltenden Schmelzen bei 70° aber den Farbstoff in grünen Flocken ausscheidet. Der gereinigte grüne Körper war ein constant bei 317° schmelzender Kohlenwasserstoff, identisch mit dem 1880 von Burg characterisirten Picen. Es ist in fast allen Lösungsmitteln sehr schwer löslich und besitzt für Paraffin ein außerordentlich starkes Färbevermögen, so daß noch 0.8% weißes Paraffin canariengelb färbt. Das Picen war nur in gelben Krystallen mit grüner Fluorescenz zu gewinnen, während Burg die Krystalle farblos mit blauer Fluorescenz erhielt. Es sublimirt wenig über seinem Schmelzpunkt und ist chemisch äußerst widerstandsfähig. Der Körper tritt besonders gegen Ende der Paraffindestillation auf und ist eine sehr lästige Beimischung, da er das Paraffin färbt. Auch der grüne Reflex der zuletzt auftretenden Oele deutet auf einen Gehalt an Picen hin. Durch Oxydation verwandelt sich das Picen in Picenchinon von rother Farbe, welches die Ursache der Rothfärbung der sog. Rothparaffine sein dürfte. Durch 3% rauchende Schwefelsäure kann man aber die rothe Farbe dieser Paraffine zerstören; das gleiche gilt von der gelben Farbe der Paraffine. Doch muß der Picingehalt vor der Anwendung der Säure auf 0.84% reducirt werden.

Ueber Dichte und Schmelzpunkt verschiedener Paraffine liegen Angaben von L. Weinstein vor, die

1) Chemit. Ztg. 13. 1889 S. 29. 64. 93.

auf sehr genaue Arbeitsmethoden begründet sind.¹⁾ Im Einzelnen auf die betreffenden Abhandlungen verweisend, führe ich hier nur einige Ergebnisse der Untersuchungen an:

	Schmelzpunkt	Dichte bei 100°
Braunkohlenparaffin	42°	0.7452
Paraffin aus Petroleumrückständen	46°	0.7497
Desgleichen	50°	0.7513
Braunkohlenparaffin	54°	0.7527
Desgleichen	58°	0.7536
Schottisches Schieferparaffin	50°	0.754
Desgleichen	54°	0.753
Deutsches Schieferparaffin	58°	0.753

Die Dichte des Paraffins wächst im Allgemeinen mit dem Schmelzpunkt, ist jedoch auch vom Reinheitsgrad abhängig.

Endlich sei der interessantesten Untersuchungen über Paraffin gedacht, welche von B. Pawlewski herrühren und für ein Ozokeritparaffin mit dem Schmelzpunkt 64—65° und der mittleren Zusammensetzung: 84.86% C und 15.02% H gelten.²⁾ Das Paraffin war frei von sauerstoffhaltigen Stoffen. Es wurden seine Lösungen in Benzol, p-Xylol und Essigsäure nach der Gefriermethode von Raoult untersucht und gefunden, daß die normale Molekulargröße des Paraffins zwischen den Formeln $C_{24}H_{50}$ und $C_{27}H_{56}$ liegt. In Lösungen steigt die Molekulargröße auf das 2- bis 4fache.

Das Paraffin ist ein colloidalen Körper. Eine einprocentige, bei 20° hergestellte Paraffinlösung in Benzol erstarrt z. B. bei 15—13° zu einer nicht mehr ausgießbaren Gallerte. Dünne Spähne von Paraffin zerfallen beim Uebergießen mit Aether zu einem Pulver. Ein Theil des Paraffins löst sich; aus der Lösung scheidet sich bei Abkühlung um 2° flockiges Paraffin aus, ohne daß auch nur Spuren von Krystallisation entdeckt werden könnten. Aus Eisessig krystallisirt Paraffin im Gegenseite stets in Schuppen und verhält sich hier also wie ein Krystalloid. Die Baseline des Petroleums ist nichts anderes als colloidales Paraffin.

1) Chemik. Ztg. 11. 1887 S. 784. — 12. 1888 S. 875. 894.

2) Berl. Ber. 23. 1890 S. 327.

Dzokerit und Dzokeritparaffin. — An mehreren Orten der Erde findet sich ein natürliches Paraffin, Dzokerit oder Erdwachs. Am bekanntesten und wichtigsten ist das Dzokeritvorkommen von Boryslaw und Wolanka in Galizien. Nach B. Lach¹⁾ kommt auch im Kaukasus Dzokerit vor, doch ist dieses Material so schlecht und theuer, daß es vorläufig mit der galizischen Waare nicht concurriren kann. Auch in Colorado (Nordamerika) kommen mächtige Lager eines spröden pulverisirbaren Dzokerits vor, welcher auf Paraffin, aber nicht auf Ceresin verarbeitet werden kann. — Ueber die Entstehung des Dzokerits hat K. Zalogiecki²⁾ sich dahin geäußert, daß Dzokerit, ebenso wie Petroleum aus thierischen Resten gebildet zu denken sei. Die thierischen Reste sind unter Mitwirkung von Seewasser zuerst in Fäulnißgährung übergegangen, später durch Ueberschichtung von der Luft abgeschlossen und bituminisirt worden. Dabei ist Fettsäure in Kohlenoxyd, Kohlenensäure und Kohlenwasserstoff umgewandelt worden. Die Kohlenwasserstoffe haben dann eine Reihe von Condensationen und Polymerisationen erfahren. Das Erdwachs ist zunächst aus dem Fett gebildet worden, daraus ist das Petroleum entstanden. Dagegen haben H. Kast und S. Seidner³⁾ die Ansicht vertreten, daß Erdwachs ein bei der Verflüchtigung leicht flüchtiger Petroleumbestandtheile hinterbliebener Rückstand sei. In der That fanden sie Erdwachs als solches in amerikanischem Petroleum gelöst.

Ueber die Erdwachsendustrie von Boryslaw in Galizien haben L. Babu⁴⁾ und S. Deutsch⁵⁾ berichtet. Das Erdwachs findet sich dort in Begleitung von Petroleum und von Gasen im unteren Miocän in Gängen und Lagern. Der Abbau erfolgt durch Schächte und Strecken und liefert reine Erdpechstücke und reichhaltige Erdmassen. Erstere werden einfach geschmolzen, letztere mit der Hand geschieden, mit kalten, dann mit heißem Wasser gewaschen und schließlich mit Benzin und Wasserdampf extrahirt.

1) Chemik. Ztg. 13. 1889 S. 831.

2) Dingl. p. J. 280. 1891 S. 85. 133.

3) Ebendas. 284. 1892 S. 143.

4) Berg- u. Hüttenm. Ztg. 49. 1890 S. 16.

5) Desir. Ztschrft. f. Berg- u. Hüttenw. 39. 1891 S. 25. 40. 49. 61.

Erdwachs, Ozokerit oder Erdpech ist eine ziemlich feste, oft faserige, leicht knetbare Masse von röthlichgelber bis schwarzer Farbe. Der Bruch ist muschlig, der Geruch petroleumartig, die Dichte 0.845—0.93. Es schmilzt bei 52—85° und verbrennt bei starkem Erhitzen mit Flamme. Eine Varietät bildet das Stein- oder Marmorwachs, welches plattenförmige harte Stücke bildet. Die Zusammensetzung des Erdwachses entspricht der Formel C_nH_{2n} . Durch fractionirte Destillation erhält man aus dem Erdwachs 4% Benzin, 27% Petroleum, 7% Schmieröle, 52—57% Paraffin, 4% Koks und außerdem Gase. Das Erdwachs wird technisch in zwei Richtungen verarbeitet, entweder durch chemische und mechanische Reinigung auf reines Erdwachs, das sog. Ceresin, oder durch Destillation auf Oele und Paraffin.

Die mit dem Erdwachs auftretenden Gase gleichen den Petroleumquellgasen, enthalten also Methan neben wenig Kohlenäure und Stickstoff.

Ueber die Aufbereitung des Erdwachses ist folgendes zu sagen. Wie bereits erwähnt, werden theils reines Erdpech, theils ozokeritreiche Erdmassen, das sog. Hauswerk, gefördert. Letzteres wird mit der Hand ausgesucht, wobei sich Wachs, taubes Gestein (Berg) und Grubenklein (Waschlep) ergeben. Der Berg enthält mitunter noch Erdwachs in dünnen Adern und wird dann noch ausgeschmolzen (Schmelzsteine). Der Waschlep wird in Wasser eingeworfen, dessen Dichte durch Schlamm größer als 1 ist; es steigen die durch ihren Wachsgelhalt specifisch leichteren Theilchen nach oben und werden abgeschöpft. Die Waschung wird mit den Rückständen mehrfach wiederholt. Das Waschwachs wird dann ebenso wie das direct von der Grube kommende Erdwachs über Wasser umgeschmolzen. Beim Umschmelzen des Grubenwachses setzt man das Waschwachs gewöhnlich partienweise zu und gießt alsdann in Blockformen. Diese Rohwachsblöcke von 50—60 Kgr. Schwere bilden Handelswaare. Die Umschmelzbodensätze werden durch Kochen mit Wasser oder durch Extraction mit Benzin vom Wassergehalte befreit.

Bei der Destillation des Ozokerits¹⁾ erhält man

1) Mills, Destructive Distillation, London, 1886, p. 92 ff.

Öle und erstarrende Destillate. Nach Gintl lieferte galizischer Ozokerit 20% sehr leichtes und 50% leichtes Öl ($D = 0.824 - 0.864$), 10% schweres Öl, 8% Paraffin und 8—10% Asphalt. Doch beweisen die Untersuchungen von Nawratil (1882), daß der Gehalt an Paraffin, also die Zusammensetzung des Ozokerits sehr wechselt. Die Grenzwerte bei 19 verschiedenen Proben waren:

Destillat bis 150°	3.4 — 27.5%
= 150—300°	28.2 — 50.3%
= über 300°	22.9 — 56.7%
Rückstand und Verlust	0.5 — 7.5%

Nach Lachowicz enthält Erdwachs von Boryslaw keine Olefine, wohl aber aromatische Kohlenwasserstoffe, z. B. Mesitylen, neben den Paraffinen. Die Ozokeritöle werden genau wie Petroleum oder wie die Öle aus Braunkohlentheer gereinigt. Das feste rohe Erdwachs wird mit überhitztem Wasserdampf von 300—320° destilliert, wobei Paraffin übergeht, während zwischen 380 und 420° gelbe sauerstoffhaltige Harze folgen. Das Paraffin wird mit 6% einer starken Schwefelsäure gemischt und dann mit Wasser gewaschen, worauf man es aus leichtem Öl auskrystallisieren läßt und mit Kohle bleicht oder auch ohne Krystallisation mit Theerkohle verschmilzt und filtriert. Ceresin ist ein ohne Destillation gereinigter und gebleichter Ozokerit; man erhitzt das rohe Erdwachs mit starker Schwefelsäure auf 200° und filtriert durch Silicate. Die Reinigung des Ozokerits mit Schwefelsäure ist mit großen Verlusten verbunden. Gereinigter Ozokerit schmilzt bei 61°, ist farb- und geruchlos und hat einen wachsartigen Bruch.

Ueber ungarischen Ozokerit berichtet Thede.¹⁾ In Ungarn findet sich Ozokerit bei Zsibo, und zwar in Form von erdwachshaltigem Sande. Der Sand ist fest zusammengebacken und kommt in festen Stücken zu Tage. Er wird zerkleinert und mit Wasser von 100° in rotirenden Trommeln durchgeschüttelt. Nach dem Ablassen und Absitzen schwimmt das Erdwachs oben auf ($D = 0.945$) und wird abgeschöpft. Man kocht nochmals aus und bringt dann den Ozokerit zur

1) Seifenfabrikant 10. 1890 S. 215.

Destillation in Blasen. — Ungarischer Ozokerit ist weicher als galizischer und muß daher in Barrels oder Kisten versendet werden. Er ist schwarzbraun, schmilzt bei 44—45° und wird vorher schmierig. Im Großbetriebe erhält man daraus 88% Destillat, 2.7% Wasser, 0.7% Gas und 8.6% Rückstände. Bei einem Versuche im Kleinen ergaben sich 60% Paraffinmasse und daraus 45.4% Preßkuchen, ferner 27% gute Leuchtöle. Das Paraffin aus dem ungarischen Ozokerit zeigte den Schmelzpunkt 51, höchstens 54°. Die Ausbeute aus diesem Ozokerit ist quantitativ besser, qualitativ schlechter, als die aus Braunkohlentheer.

Das Bleichen von Ozokerit ist nach E. D. Chemin (D. R.-P. 27316)¹⁾ wie folgt auszuführen. Ozokerit wird mit Wasser von 70° verschmolzen und durch Abgießen von ausgeschiedenen Verunreinigungen getrennt. Dann fügt man 5—15% Schwefelblüthe zu dem in die Retorte gegebenen Ozokerit zu und heizt mit überhitzten Wasserdämpfen. War beim Umschmelzen die Temperatur von 70° nicht überschritten worden, so geht ein gelbes, beim Erkalten krystallisirendes Del über. Die erstarrte Masse wird in Kuchen gegossen und bei 35—50° gepreßt. Oder man bringt das Paraffin in Pulverform, gibt es in eine Centrifuge und läßt einen Regen von Wasser mit 45—65° eintreten. Hierbei sollen die Oele und leicht schmelzbaren Kohlenwasserstoffe abgeschleudert werden. Endlich kann man das Paraffin auch aus Amylalkohol umkrystallisiren. In allen drei Fällen wird das gereinigte Product bei 35—70° eingeschmolzen und mit 20% Amylalkohol verrührt, hierauf aber in Formen gegossen. Die Kuchen werden bei gewöhnlicher Temperatur gepreßt, die Preßrückstände geschmolzen und 4 Stunden lang mit Knochenkohle gemischt. Nach der Filtration erhält man ein weißes, hartes, klingendes Ceresin mit 79—80% Ertrag der rohen Masse. Die Arbeit soll sich noch leichter gestalten, wenn man dem Rohwachs vor der Destillation 25—40% Erdöl oder Naphtarückstände beimischt. — Sehr eingehend hat sich K. Zaloziecki mit der Entfärbung von Ozokerit beschäftigt.²⁾ Die

1) Dingl. p. J. 253. 1884 S. 413.

2) Ebendas. 265. 1887 S. 20 72. 117. 178.

umfänglichen Untersuchungen mit gebräuchlichen Entfärbungsmitteln führten zur Erkenntniß der Thatsache, daß die Porosität der Entfärbungsmittel allein ihre Wirkung nicht erklärt, daß vielmehr die anorganischen Bestandtheile derselben an und für sich entfärbende Eigenschaften besitzen. Reine Kohle z. B. hat keine entfärbende Kraft, poröse Kohle besitzt dieselbe, aber in verschiedenem Grade, je nach den vorhandenen anorganischen Bestandtheilen. Für den Farbstoff des Ozokerits haben besonders die Silicate des Aluminiums und Mangans ein großes Adhäsionsvermögen. 20% dieser Silicate bleichen rohes Erdwachs so vollständig wie 40% Blutlaugensalzrückstände oder 80% gute Knochenkohle. Phosphate und Borate besitzen ähnlich starkes Entfärbungsvermögen. Zaloziecki stellt deshalb die folgenden Sätze auf: Qualität und Verwendbarkeit eines Entfärbungsmittels ist abhängig von der Natur des Farbstoffs. Kaolin, Kieselsäure, Silicate, Phosphate wirken auf wässrige Farbstofflösungen nur schwach ein. Dagegen erhalten sie ein hohes Entfärbungsvermögen durch Verbindung mit verkohlter organischer Materie, wahrscheinlich durch Aenderung ihrer äußeren Structur. Reine Kohle besitzt nur geringe Adhäsion für Farbstoffe. Als beste Entfärbungsmittel für Ozokerit sind die Silicate des Aluminiums und Mangans zu empfehlen. — Die Reinigung des Ozokerits mit Schwefelsäure ist nach Zaloziecki mit den geringsten Verlusten in folgender Weise auszuführen. Man gibt in den Säurekessel nur die halbe Charge Erdwachs, erhitzt bis zur Reactionstemperatur und gießt nun die der halben Charge entsprechende Schwefelsäuremenge zu. Nach beendeter Reaction wird die andre Hälfte des Erdwachses zugefüllt und einige Zeit bei der Reactionstemperatur belassen. Jetzt fügt man noch 5% Schwefelsäure zu, rührt gehörig durch und überläßt schließlich der Ruhe. Auf diese Weise werden die sauren Rückstände der ersten Phase nutzbar gemacht, was zu einer Schwefelsäureersparniß von 10% führt. — Eine neue Raffinirmethode für Ozokerit und Paraffin hat F. Redl¹⁾ angegeben. Sie beruht darauf, daß man die zu reinigenden Materialien mit Petroleumäther oder Benzin und dann

1) Chemik. Ztg. 11. 1887 S. 415.

erst mit Schwefelsäure mischt. Für Ozokerit arbeitet man wie folgt. Der Ozokerit wird auf 120° erwärmt, um Wasser und leichtes Del abzutreiben. Nun läßt man bis 75° erkalten und rührt langsam 50% Benzin mit $D=0.7$ bis 0.72 zu. Jetzt kommen 10% Vitriolöl (rauchende 78 grädige Schwefelsäure) hinzu, und es wird kräftig gerührt. Der Niederschlag scheidet sich scharf ab, und schon nach 20 Minuten kann der saure Theer abgezogen werden. Der Ozokerit wird nun mit Wasser von 70° neutral gewaschen und kommt in die Destillirblase, wo durch den Dampf das Benzin und etwa noch vorhandene leichte Oele abgetrieben werden. Das so gewonnene Ceresin ist transparenter, als das auf andrem Wege dargestellte. Die Ausbeute beträgt 83% vom Ozokerit.

Die Zusammensetzung des Ozokerits wird nach Grabowski¹⁾ am besten durch die Formel C_nH_{2n} ausgedrückt. Der Ozokerit scheint durch Oxydation und Verdichtung von Kohlenwasserstoffen der Naphta entstanden zu sein; das Condensationsproduct hat sich alsdann mit Naphtakohlenwasserstoffen vereinigt: 1. $2 C_8H_{18} + O_2 = C_{16}H_{32} + 2 H_2O$; 2. $C_{16}H_{32} + C_8H_{18} + O = C_{24}H_{48} + H_2O$. — Im Ozokerit der Insel Tschelen im kaspischen Meere fanden F. Beilstein und E. Wiegand einen neuen Kohlenwasserstoff, den sie Eken nannten²⁾. Derselbe bildet schneeweiße Krystalle vom Schmelzpunkt 79° und der Dichte 0.9392 . Das Eken ist von sehr großer chemischer Beständigkeit und wie Ceresin verwendbar. — Ueber Löslichkeit von Ozokeritparaffin machen B. Pawlewski und J. Filemonowicz Angaben³⁾. Sie gelten für Paraffin vom Schmelzpunkt $64-65^{\circ}$, Erstarrungspunkt $61-63^{\circ}$ und der Dichte 0.917 bei 20° . Am leichtesten löslich ist dieses Paraffin in Schwefelkohlenstoff (12.99%), nahezu gar nicht in Aethylalkohol von 75° Tr (0.0003%), welche Zahlen für 20° gelten. Benzin mit $D=0.7233$ löst 11.73 und Terpentingöl 6.06% Paraffin, Benzol nur 1.99% , Aether 1.95% , absoluter Alkohol 0.219% , Eisessig 0.06% .

1) Chem. Centralbl. (3) 15. 1884 S. 285.

2) Berl. Ber. 16. 1883 S. 1547.

3) Ebendas. 21. 1888 S. 2973.

Einige Fettsäuren.

In den beiden vorigen Bänden des Jahrbuchs wurden die Fettsäuren bis mit der Myristinsäure $C_{14}H_{28}O_2$ besprochen. Wir führen nunmehr den Bericht über die Säuren der Reihe $C_nH_{2n}O_2$ zu Ende.

Palmitinsäure $C_{16}H_{32}O_2 = C_{15}H_{31}COOH$. — Die Palmitinsäure ist in der Natur als Glycerid (Glycerylester) sehr verbreitet; sie bildet in der Form des Tripalmitins einen nur selten fehlenden Bestandtheil der Fette. In größeren Mengen trifft man sie freilich nur in den Schmalzen, Talgen und einigen Pflanzenwachsen an. Zur Darstellung von Palmitinsäure verwendet man Palmöl oder noch besser Myricawachs; auch kann man sie aus Delsäure gewinnen (vergl. Jahrb. 22. 1886. S. 322). — E. Hell und E. Jordanoff¹⁾ stellten die reine Palmitinsäure aus Palmöl wie folgt dar. Das Fett wurde mit Natronlauge verseift (4 Gwthl. Palmöl + 1 Gwthl. NaOH), die Seife ausgesalzen, abgepresst, wieder in Wasser gelöst und durch Kochen mit Schwefelsäure zersetzt. Der erstarrte Fettsäurekuchen wurde in üblicher Weise durch mehrfaches Umschmelzen über Wasser gereinigt und dann mit Alkohol verrieben und scharf abgepresst, wobei die Hauptmasse der Delsäure beseitigt werden konnte. Der Rückstand war halbhart und körnig. Er wurde nach dem Vorgange von Krafft der Destillation im Vacuum mit eingesezter Capillare unterworfen, und zwar aus Destillirkolben von 0.5 Lit. Inhalt mit angeblasener kurzer und weiter Röhre. Zu Anfang verminderte man den Druck nicht weiter als auf 95—97 mm; erst wenn die Delsäure größtentheils beseitigt ist, kann man ohne Gefahr des Uebersteigens noch geringeren Druck anwenden. Durch viermalige fractionirte Destillation wurde schließlich eine bei 262—265° unter 97 mm Druck übergehende Säure erhalten, die in farblosen perlmutterglänzenden Schuppen erstarrte und bei 61.5° schmolz. Dieselbe entsprach in ihrer Zusammensetzung genau der Formel $C_{16}H_{32}O_2$, obwohl sie den Schmelzpunkt der Palmitinsäure (62°) nicht ganz erreichte. Die Arbeit war indessen umständlich und die Ausbeute schlecht. Des-

1) Berl. Ber. 24. 1891 S. 936. 987.

wegen wurde die von Krafft ¹⁾ angegebene Darstellung von Palmitinsäure aus japanischem Wachs versucht. 3 Thl. japanisches Wachs werden mit 1 Thl. Natriumkali und 1 Thl. Wasser verseift; die ausgesalzene Seife wird mit Salzsäure zerlegt und die abgeschiedene Säure im luftverdünnten Raume destillirt. Das erste unter 18 mm Druck bei 223° übergehende Destillat schmolz bei 60°; bei nochmaliger Fractionirung wurde reine Palmitinsäure vom Schmelzpunkt 62° erhalten, und zwar 50% vom Rohmaterial, während die Ausbeute aus Palmöl nur 20% betragen hatte. Sollte übrigens doppelte Destillation nicht genügen, so krystallisirt man aus dem dreifachen Gewichte an 70—75 procentigem Weingeist um, läßt bei 10° auskrystallisiren und preßt den Krystallbrei ab. — Bemerket sei noch, daß man sich die Arbeit mit Palmöl dadurch erleichtern kann, daß man nur den festen Antheil des Palmöls verarbeitet. Man erhitzt das geschmolzene Palmöl bis zum beginnenden Sieden und erhält es dann wenigstens 1 Stunde lang bei 200°. Hierauf läßt man es auf 20° abkühlen und läßt es einige Tage bei 20—12° stehen. Es scheidet sich der feste Antheil als krystallinisch krümelige Masse aus und kann vom flüssigen Theile durch einfaches Absaugen an der Luftpumpe getrennt werden. Verfasser erhielt bei dieser Arbeit durchschnittlich 66% festen Antheil aus ungebleichtem Palmöl. Die weitere Verarbeitung ist dann die gewöhnliche.

Die von ihnen dargestellte Palmitinsäure benutzten Hell und Jordanoff zur Gewinnung verschiedener Palmitinsäurederivate, wie sie durch Substitution von Wasserstoffatomen mit Halogenen, Amidogruppen, Wasserresten u. s. w. entstehen. Merkwürdiger Weise hatte man solche Abkömmlinge bisher nicht oder nur vereinzelt dargestellt. Es wurden die folgenden Verbindungen gewonnen:

Läßt man rothen Phosphor und Brom auf Palmitinsäure einwirken, so entsteht die α -Brompalmitinsäure $C_{16}H_{31}BrO_2$ nach der Gleichung $3 C_{14}H_{29}CH_2COOH + P + 11 Br = 3 C_{14}H_{29}CHBrCOBr + HPO_3 + 5 HBr$; $C_{14}H_{29}CHBrCOBr + H_2O = C_{14}H_{29}CHBrCOOH + HBr$. Sie bildet glänzende Krystallschuppen, die bei 51.5 bis 52° schmelzen, ist in Wasser

1) Berl. Ber. 21. 1888 S. 2265.

Natürlich würden bei den mit Lauge durchgeführten Reactionen die Säuren zu ihren Salzen neutralisirt werden. In der That erfolgten die Reactionen in der angeführten Weise, wodurch der Beweis geführt war, daß alle erwähnten Substitutionsprodukte der Palmitinsäure α -Verbindungen sind.

Erwähnt sei, daß nach A. Wanklyn¹⁾ die gewöhnliche Annahme, die Butter enthalte neben Olein und Stearin auch das Glycerid der Palmitinsäure, falsch ist. Vielmehr wird der Hauptbestandtheil der Butter von der Aldopalmitinsäure gebildet, deren Formel $(C_{16}H_{30}O_2)_x$ ist. Diese Säure ist also um 2H ärmer, als Palmitinsäure, gehört aber trotzdem nicht zur Acryl- oder Oelsäurereihe. Wahrscheinlich ist $x=2$, die wirkliche Formel also $C_{32}H_{60}O_4$.

Heptadecylsäure $C_{17}H_{34}O_2 = C_{16}H_{33}COOH$. — Diese Säure war bisher nur als Margarinsäure bekannt und lediglich auf künstlichem Wege erhalten worden, während sie in Naturproducten noch nicht aufgefunden worden war. Neuerdings hat E. Gerard eine Säure von dieser Zusammensetzung unter dem Namen Datursäure aus dem Oele der Samen von *Datura stramonium* dargestellt und beschrieben.²⁾ Das Oel wurde aus den Samen durch Extraction mit Aether gewonnen; es ergaben sich 25% eines grünlich gelben Oels. Das Oel wurde mit Blei verseift und aus der Bleiseife durch Aether das Oeat weggelöst. Der Rückstand wurde mit Salzsäure zersetzt; die abgeschiedenen Fettsäuren ergaben nach der Reinigung beim Umkrystallisiren aus Alkohol schließlich eine bei 56° schmelzende Masse. Durch fractionirte Fällung der Fettsäurelösung mit Baryumacetat erhielt man hauptsächlich zwei Reihen von Fällungen, von denen merkwürdiger Weise die erste der Säure mit niedrigerem Schmelzpunkt entsprach, nämlich mit 55° , während die zweite Fraction aus Baryumsalz der Palmitinsäure (Schmelzpunkt 62°) bestand. Die Säure der ersten Fraction krystallisirt aus Alkohol in feinen Nadeln und besitzt die Formel $C_{17}H_{34}O_2$. Auffällig bleibt ihr Schmelzpunkt, welcher entgegen der Regel, daß der Schmelzpunkt mit der Zunahme an CH_2 in der Reihe der Fettsäuren wächst, niedriger ist, als der der vorangehenden Palmitinsäure.

1) Chem. News 63. 1891 p. 73.

2) Compt. rend. 111. 1890 p. 305.

Stearinsäure $C_{18}H_{36}O_2 = C_{17}H_{35}COOH$. — Die Stearinsäure ist als Glycerid Bestandtheil der meisten Fette, mindestens der festen, und wird aus Talgsettsäuren oder der Stearinsäure des Handels dargestellt. Neuerdings ist es auch gelungen, Stearinsäure aus Delsäure zu bereiten. Man vergleiche den Bericht über die Arbeiten von Ssabanejeff und von Geitel (Jahrb. 24. 1888. S. 346, 347). Inzwischen sind eine Reihe anderer Untersuchungen in dieser Richtung durchgeführt worden, von denen die von P. de Wilde und A. Kehler zuerst erwähnt sei.¹⁾ Erhitzt man Delsäure einige Stunden im geschlossenen Rohre oder im Autoclaven mit 1% Jod auf $270-280^\circ$, so erhält man eine Masse, welche bei der Abkühlung erstarrt und erst bei $50-55^\circ$ wieder schmilzt. Dieselbe wird mit einer berechneten Menge einer Talgseife verschmolzen und mit saurem Wasser ausgekocht. Die abgeschiedenen Fettsäuren vereinigt man, schmilzt um, destillirt sie mit überhitztem Wasserdampf und preßt das Destillat erst kalt, dann warm ab. Man erhält hierbei eine Fraction von etwa 70% von der Gesamtmenge der Fettsäuren, welche nach dem Umkrystallisiren aus Alkohol alle Eigenschaften der Stearinsäure zeigt. Statt des Jods lassen sich auch Brom und Chlor zu der Reaction verwenden; das Chlor jedoch mit weniger gutem Erfolg. Die Reaction läßt sich wahrscheinlich so erklären: das Jod verwandelt die Delsäure durch Addition in Dijodstearinsäure; diese wird unter Entbindung von Jodwasserstoff zerlegt, welcher wiederum neue Delsäuremoleküle hydrogenisirt und sein Jod frei werden läßt. In Gleichungen: $C_{17}H_{33}COOH + J_2 = C_{17}H_{33}J_2COOH$; $C_{17}H_{33}J_2COOH = C_{17}H_{31}COOH + 2HJ$; $C_{17}H_{33}COOH + 2HJ = C_{17}H_{35}COOH + J_2$. Die Reaction wird durch die Gegenwart von etwa 5% Colophonium begünstigt, welches wohl als Jodüberträger wirkt. Da die Ausbeute an fester Säure nur 70% beträgt und der Preis des Palmöls nur wenig von dem der Delsäure abweicht, so ist die industrielle Verwerthung des Verfahrens zwar kaum vortheilhaft, doch hat die Fabrik von de Kouboit, Dudenkoven u. Co. in Antwerpen es versuchsweise im Großen ausgeführt, und zwar unter Benutzung von Brom. — Ein andres, dem

1) Bull. Soc. Chim. (3) 1. 1889 p. 295.

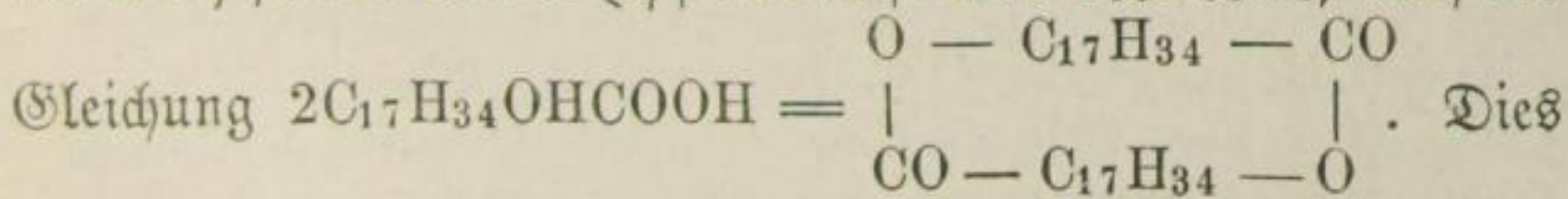
gleichen Zwecke dienendes Verfahren hat M. v. Schmidt angegeben, welches von R. Benedikt kritisiert wurde.¹⁾ Man erhitzt Oelsäure mit Chlorzink auf 185°, kocht das Reaktionsprodukt mit verdünnter Salzsäure und destillirt die Fettsäuren mit überhitzten Wasserdämpfen. Das Destillat wird dann noch abgepresst. Nach Benedikt bestand das Produkt vor der Destillation aus 8% flüssigem Säureanhydrid, 28% Stearolacton (dem Lacton der γ -Oxy-stearinsäure Geitel's völlig gleich), 17% Oxy-stearinsäure, 40% Oelsäure und 7% gesättigten Fettsäuren. Das nicht abgepresste Destillat enthielt 13.6% Unverseifbares, 33.4% Oel- und Isoölsäure, 31% Stearolacton und 12.1% gesättigte Fettsäuren. Es war also das Anhydrid zerfallen, ebenso die Oxy-stearinsäure in Oelsäure umgewandelt worden. Der Pressrückstand des Destillats endlich enthielt 75.8% Stearolacton, 15.7% Isoölsäure und 8.5% gesättigte Fettsäuren. Es entstehen bei der Einwirkung von Chlorzink auf Oelsäure wahrscheinlich zwei isomere Zinkchloridadditionsprodukte, die beim Kochen mit Salzsäure in Oxy-stearinsäuren und Chlorzink zerfallen. Die eine ist die γ -Oxy-stearinsäure, die sofort Lacton bildet, woraus für die Oelsäure folgt, daß sich ihre Doppelbindung am γ -Kohlenstoffatom befindet, also sie die Formel $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{COOH}$ besitzt. Die zweite Oxy-stearinsäure ist die β -Säure, welche bei der Destillation Oel- und Isoölsäure liefert. Die gesättigten Fettsäuren sind vielleicht Dicarbonsäuren mit ringsförmiger Bindung eines Theils ihrer Kohlenstoffatome.

Zur Geschichte der Oxy-stearinsäuren verschiedenen Ursprungs machen M. C. und A. Saitzeff Mittheilungen,²⁾ denen wir folgendes entnehmen. Bereits längst bekannt (seit 1836) ist die Hydromargaritinsäure von E. Fremy, welche bei Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure auf Oelsäure entsteht. Dieselbe ist eine Oxy-stearinsäure. Bis in die neueste Zeit ist aber die Arbeit Fremy's vergessen gewesen. In neuester Zeit hat Sfabanejeff (Jahrb. 24. 1888 S. 346) Beobachtungen über die Wirkung der Schwefelsäure auf Oelsäure angestellt, die durch die Brüder Saitzeff ergänzt und

1) Chem. Centralbl. 61¹ 1890 S. 933.

2) J. f. p. Ch. 143. 1887 S. 369.

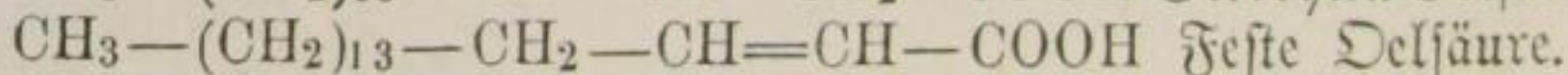
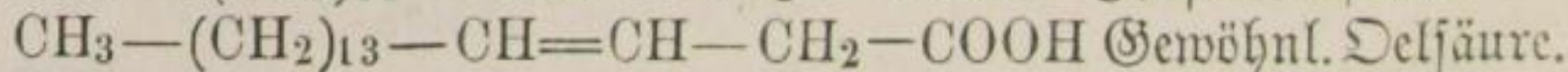
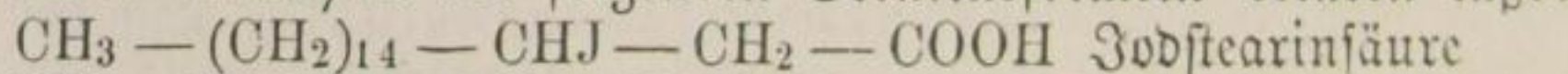
berichtigt wurden. Die Oelsäure (aus Mandelöl) wird durch Kälte zum Erstarren gebracht und mit Schwefelsäure vermischt (100 Gr. Oelsäure, 35 Gr. Schwefelsäure von 66°), so daß die Temperatur nicht über 35° steigt. Das Gemisch bleibt 20 Stunden bei $t < 0^\circ$ stehen, worauf man es in eiskaltes Wasser ausgießt und unter Vermeidung von Erwärmung damit vermischt. Die Säure löst sich, oben auf schwimmt eine braune Fettschicht. Letztere wird durch Auskochen mit Wasser gereinigt. Die gereinigte Masse erstarrt körnig krystallinisch und enthält neben Drystearinsäure auch Anhydrid der Säure. Um letzteres zu zerlegen, wird die erstarrte Masse mit alkoholischer Kalilauge in einer zugeschmolzenen Röhre einige Stunden auf 150° erhitzt, worauf man den Alkohol abdestillirt und die Seife mit Schwefelsäure zersetzt. Die ausgeschiedene Säure wird aus Aether und Alkohol umkrystallisirt, dann getrocknet und geschmolzen und im 3fachen Volumen Aether gelöst. In starker Kälte krystallisirt fast alle Drystearinsäure aus. Die Arbeit wird so oft wiederholt, bis die Drystearinsäure bei 83—85° schmilzt und bei 68—65° erstarrt. Sie krystallisirt aus Weingeist in sechsseitigen Tafeln, aus warmem Aether als feines Mehl. 100 Thl. einer alkoholischen Lösung von 20° enthalten 8.78, einer ätherischen nur 2.3 Thl. Drystearinsäure. Die Zusammensetzung wird durch die Formel $C_{17}H_{34}OHCOOH$ ausgedrückt. Jodwasserstoff verwandelt sie in Jodstearinsäure $C_{17}H_{34}JCOOH$, eine dickflüssige, bernsteingelbe Substanz, welche mit nascirendem Wasserstoff ($Zn + 2HCl$) gewöhnliche Stearinsäure liefert: $C_{17}H_{34}JCOOH + 2H = C_{17}H_{35}COOH + HJ$. — Rauchende Salzsäure verwandelt die Drystearinsäure bei 12 stündigem Erhitzen in einer zugeschmolzenen Glasröhre in ein Anhydrid der Drystearinsäure $C_{36}H_{68}O_4$, nach der



wäre ein sogenanntes inneres Anhydrid, ähnlich dem Glycolid und Lactid; es bildet einen farblosen Syrup, der in Wasser nicht, in Alkohol wenig, in Aether leicht löslich ist und auch bei starker Kälte nicht erstarrt. Durch Erhitzen mit weingeistiger Lauge im geschlossenen Röhre auf 150° entsteht daraus wiederum Drystearinsäure. Wie Salzsäure wirkt auch Schwefelsäure auf

Drystearinsäure ein und zwar schon bei gewöhnlicher Temperatur, wenn man Säure von 65° B nimmt. Doch scheinen bei dieser Reaction auch „Anhydride von ungesättigtem Character“ zu entstehen.

Jodstearinsäure kann man in einfacher Weise auch direct aus Delsäure darstellen. Man gibt in einen Kolben dreifach Jodphosphor und etwas Wasser, hierauf aber Delsäure, kühlt erst ab, erwärmt aber später und wirft schließlich (zur Entfärbung) noch ein Stück Phosphor ein. Nach dem Erkalten verdünnt man mit Wasser und schüttelt mit Aether aus. Die ätherische Lösung wird abgezogen, filtrirt und abgedunstet. Der Rückstand wird getrocknet; er besteht aus reiner Jodstearinsäure. Durch Einwirkung von feuchtem Silberoxyd gewinnt man hieraus dieselbe Drystearinsäure, welche aus Delsäure + Schwefelsäure entsteht. Wird Jodstearinsäure in kalte alkoholische Kalilauge gegossen (100 Jodstearinsäure, 60 Alkali, 200 Alkohol von 99 %) und nach vielstündigem Stehen das Gemisch einige Stunden am Rückflußkühler gekocht, dann der Alkohol abdestillirt und aus dem Rückstand die Säure abgeschieden, so erhält man eine feste krystallinische Masse, die nach dem Umkrystallisiren aus Aether bei 40° schmilzt, nach weiterer Reinigung den Schmelzpunkt 44 — 45° zeigt. Die Analyse führt zu der Formel $C_{18}H_{34}O_2$, welche der Del- und der Elaidinsäure zukommt. Es ist dies die feste Delsäure (vergl. Jahrb. 24. 1888. S. 349). Daneben erhält man aber noch eine andere bei 20 bis 25° schmelzende Säure (aus der ätherischen Mutterlauge der festen Delsäure), die sich als Gemisch aus gewöhnlicher und fester Delsäure erwies. Man erhält also zwei isomere Delsäuren aus der Jodstearinsäure, was sich am einfachsten unter Annahme der folgenden Structurformeln erklären läßt:



Hieraus folgt aber weiter, daß die bis jetzt bekannten Monoxystearinsäuren zu der Formel $CH_3 - (CH_2)_{14} - CHOH - CH_2 - COOH$ und also zu den β -Hydroxysäuren gehören.

Die Darstellung und Untersuchung der Dioxystearinsäure hat M. Gröger durchgeführt.¹⁾ Die Säure entsteht

1) Berl. Ber. 22. 1889 S. 620.

bei Oxydation von Talgfettsäuren durch übermangansaures Kalium in alkalischer Lösung und besitzt die Formel $C_{18}H_{36}O_4 = C_{17}H_{33}(OH)_2COOH$. Sie schmilzt bei $125-128.5^{\circ}$ und erstarrt bei $120-121^{\circ}$. Die von Sautzoff aus Delsäure erhaltene Dioxydstearinsäure ist mit der eben beschriebenen identisch (vergl. Jahrb. 22. 1886 S. 320).

Die Einwirkung von Phosphorpentoxyd auf Stearinsäure hat F. S. Kipping studirt¹⁾ und dabei Stearon $C_{35}H_{70}O$ erhalten. Die Stearinsäure wurde bei 200° mit P_2O_5 versetzt, wobei sie unter Gasentwicklung in eine theerartige Masse überging. Durch Auskochen des Rückstands mit Kalilauge erhielt man ein aufschwimmendes Del, das beim Erkalten erstarrte. Durch Auskochen mit Alkohol, Auskrystallisiren aus Alkohol, dann aus Aether u. s. w. bekam man ein ziemlich reines Stearon vom Schmelzpunkt $75-76^{\circ}$ (statt 87.8°), welches in heißem Alkohol oder Aether löslich, dagegen in Kalilauge oder Ammoniak unlöslich ist und ein Hydroxim $(C_{17}H_{35})_2CNOH$ bildet. Das Stearon hat sich wahrscheinlich nach der Gleichung $2C_{17}H_{35}COOH = (C_{17}H_{35})_2CO + CO_2 + H_2O$ gebildet; es ist seiner Beschaffenheit nach ein Keton.

Wie von der Palmitinsäure, so haben E. Hell und J. Sadowsky von der Stearinsäure neue Derivate dargestellt.²⁾ Brom und rother Phosphor führen Stearinsäure leicht in die α -Monobromstearinsäure über, welche farblose glänzende Nadeln oder vierseitige Tafeln bildet. Sie schmilzt bei 60° und ist in Wasser nicht, aber leicht in Alkohol oder Aether löslich. Ihr Aethylester bildet krystallinische Körner, die bei $35-36^{\circ}$ schmelzen. Die α -Dydstearinsäure wurde durch Kochen der Bromstearinsäure mit alkoholischer Lauge am Rückflußkühler erhalten, natürlich zunächst als Alkalisalz, welches beim Zerlegen mit Schwefelsäure die freie Säure liefert. Dieselbe krystallisirt aus Aether flockig, aus einer Mischung von Benzol und Petroleumäther in Form eines Pulvers aus und schmilzt bei $84-85^{\circ}$ (dies stimmt mit der angeblichen β -Säure Sautzoffs). Die α -Amidostearinsäure läßt sich aus heißem Eisessig umkrystallisiren und bildet ein weißes

1) Chem. News 61. 1890 p. 118.

2) Berl. Ber. 24. 1891 S. 2388. 2778.

krySTALLINISCHES Pulver vom Schmelzpunkt 221—222°; sie ist in Alkohol und Aether unlöslich. Durch Bildung der Cyanstearinsäure (Schmelzpunkt 83·5°) und der hieraus beim Kochen mit alkoholischer Lauge entstehenden Hexadecylmalonsäure (vergl. bei Palmitinsäure) ergibt sich, daß wirklich α -Derivate der Stearinsäure vorlagen.

A. Claus und D. Pfeiffer stellten eine Isonitrostearinsäure her¹⁾, indem sie eine Lösung von Stearinsäure in Eisessig mit rauchender Salpetersäure erhitzten. Beim Ausgießen in Wasser scheidet sich ein goldgelbes Del ab (Ausbeute im günstigsten Fall 59·5% von der Stearinsäure), welches nach der Reinigung dickflüssig hellgelb erscheint und nach einiger Zeit butterähnlich erstarrt. Die Analyse führte zur Formel $C_{18}H_{35}(NO_2)O_2$. Die Substanz ist in Wasser und Petroleumäther unlöslich, in Alkohol und Aether leicht löslich, ebenso klar in Laugen, welche Lösung durch Verdünnen nicht getrübt wird. Sie ist eine starke einbasische Säure, die nur schwer saure Salze bildet. Die Isonitrostearinsäure ist weder ein Salpetersäureester, noch zeigt sie bei der Reduction das Verhalten einer Nitroverbindung, daher sie vorläufig als Isonitroverbindung bezeichnet wurde. Ihre Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen.

Behensäure. $C_{22}H_{44}O_2 = C_{21}H_{43}COOH$. — Nach A. Reychler läßt sich Erucasäure $C_{21}H_{41}COOH$ durch Jod leicht in Behensäure umwandeln.²⁾ Man stellt sich zunächst Rübölsettsäuren her und scheidet hieraus durch Umkrystallisiren aus Alkohol bei 0° die Erucasäure mit dem Schmelzpunkte 34° aus. Dieselbe wird hierauf mit 1% Jod vier Stunden lang auf 270° erhitzt, wobei man eine wenig gefärbte, bei 59° schmelzende Masse erhält. Man verseift mit alkoholischer Kalilauge, zerlegt nach dem Abtreiben des Alkohols die Seife und wäscht die abgeschiedenen Fettsäuren mit kochendem Wasser aus. Die Fettsäuren werden aus Aether umkrystallisirt. Nach dem zweiten Auskrystallisiren erhält man die bei 77° schmelzende Behensäure. Die Reaction bei ihrer Erzeugung aus Erucasäure ist jedenfalls der analog, welche bei der Darstel-

1) S. f. pr. Ch. 151. 1891 S. 161.

2) Bull. Soc. Chim. (3) 1. 1889 p. 296.

lung von Stearinsäure aus Oelsäure durch Jod stattfindet (vergl. S. 349). Die Behensäure ist in kaltem Alkohol sehr wenig und in kaltem Aether wenig löslich; sie krystallisirt in glänzenden Blättchen.

Lignocerin säure $C_{24}H_{48}O_2 = C_{23}H_{47}COOH$. — Diese Säure wurde zuerst 1880 im Buchenholztheer aufgefunden und ist neuerdings durch P. Kreiling im Erdnußöl nachgewiesen worden.¹⁾ Das reine Erdnußöl wurde mit heißer Natronlauge verseift, die Seife mit Salzsäure zersetzt, die ausgeschiedene Fettsäure mit heißem Wasser reingewaschen. Die Fettsäuren wurden hierauf in heißem 95 procentigem Alkohol gelöst. Beim Erkalten schieden sich flockige Krystalle aus, die nach öfterem Umkrystallisiren aus viel Alkohol und jedesmaligem Abpressen schließlich eine bei 81° schmelzende Säure lieferten. Es war dies Lignocerin säure. Sie krystallisirt aus Alkohol in weißen seidenglänzenden Flocken, welche nach dem Abpressen als perlmutterglänzende Blättchen erscheinen. Die Säure schmilzt bei 81° und erstarrt bei 80° mit strahligem Gefüge; beim Erkalten wird die Masse spröde. Der Aethyl-ester schmilzt bei 55° und zersetzt sich an der Luft schon bei 100° . Der Methyl-ester schmilzt bei 58° und gleicht sonst dem Aethyl-ester. — Aus den Mutterlaugen der Lignocerin säure ließ sich (nach Abdampfen des Alkohols, abermaliger Verseifung des Rückstands, Ausscheidung der Säure und fractionirter Krystallisation derselben) nochmals Lignocerin säure, dann aber Arachin säure vom Schmelzpunkt 74.5° gewinnen; und zwar war viermal soviel Arachin- wie Lignocerin säure vorhanden. Palmitin säure war nicht nachweisbar.

Cerotin säure $C_{26}H_{52}O_2$ oder $C_{27}H_{54}O_2$ und Melissin säure $C_{30}H_{60}O_2$ oder $C_{31}H_{62}O_2$ sind von F. Kaszger im Bienenwachs gefunden worden, worüber man den vorjährigen Band des Jahrbuchs, S. 369, 370, 373 vergleichen wolle. Die Darstellung der Cerotin säure aus Wachs geschieht nach Th. Marie²⁾ am besten in folgender Weise. 125 Gr. Wachs werden mit 3 Lit. Alkohol von 93° zwei Stunden lang im Kolben am Rückflußkühler durch ein Wasser-

1) Berl. Ber. 21. 1888 S. 880.

2) Chemik. Ztg. 14. 1890 Rep. S. 336.

bad erhitzt. Man läßt erkalten und trennt die aufschwimmende gallertartige Masse, welche die Cerotinsäure enthält, von dem myricinreichen Wachs. Letzteres wird noch dreimal in gleicher Weise mit Alkohol ausgezogen, wobei man die Einwirkungszeit stets verlängert (bis zu 8 Stunden). Die alkoholischen in der Kälte gallertartigen Auszüge werden vereinigt und zunächst durch Filtration vom anhaftenden Alkohol befreit. Dann destillirt man unter Zusatz von etwas Alkali den Alkohol und löst im Destillate den Filterrückstand unter Sieden. Das Myricin bleibt in Form feiner Tröpfchen suspendirt und scheidet sich beim Erkalten als am Gefäße festhaftende Masse ab. Die überstehende Gallerte wird auf's Filter gebracht und mit wenig kaltem Alkohol ausgewaschen. Der Rückstand wird noch dreimal in gleicher Weise behandelt, dann zweimal aus Alkohol umkrystallisirt. Die Säure bildet jetzt eine ungefärbte bei 76—77° schmelzende Masse.

Allgemeines über Fettsäuren. — Die schon bei Stearinsäure (siehe S. 353) erwähnten Untersuchungen über die Wirkung des Phosphorpentoxyds auf Fettsäuren haben F. S. Kipping zu der Erkenntniß geführt, daß bei diesen Reactionen stets Ketone entstehen¹⁾. Die allgemeine Reaktionsgleichung lautet $2\text{RCOOH} = \text{R}_2\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Aus Stearinsäure entstand, wie schon erwähnt, das Stearon, während Palmitinsäure das Palmiton $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COC}_{15}\text{H}_{31}$ als farbloses krystallinisches Pulver vom Schmelzpunkt 82—83° lieferte. Ebenso wurde aus Laurinsäure das Lauron $\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COC}_{11}\text{H}_{23}$ und aus Kapronsäure das Keton $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COC}_5\text{H}_{11}$ gewonnen. Die Heptylsäure ergab das Diheptylketon $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{COC}_6\text{H}_{13}$. Die Reaction ist also von allgemeiner Gültigkeit. — F. Krafft und A. Beddie²⁾ studirten die Einwirkung von Brom auf höhere Fettsäuren, wobei sich höchst merkwürdige Ergebnisse einstellten. Erhitzt man z. B. gleiche Moleküle Stearinsäure und Brom im geschlossenen Rohre auf 140°, so bleibt fast genau die Hälfte der Säure unverändert, während die andere Hälfte sich in Monobromölsäure $\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{BrO}_2$ verwandelt hat. Die Tren-

1) Chem. Centralbl. 61² 1890 S. 545. — Chem. Ztg. 14. 1890 S. 593.

2) Chemik. Ztg. 16. 1892 S. 185.

nung dieser Säure von der Stearinsäure geschah durch Umwandlung des Röhreninhalts in die Barytsalze, welche mit Aether ausgezogen wurden; stearinsaures Baryum bleibt ungelöst. Ganz ähnlich verhalten sich auch andere höhere Fettsäuren. — Durch G. C. Schmidt¹⁾ wurden die Dampfspannungen der Fettsäuren einer genauen Bestimmung unterzogen, meist indem der Siedepunkt unter verschiedenem Drucke ermittelt wurde. Die Differenzen zwischen zwei unter gleichem Drucke gemessenen Siedetemperaturen blieben constant, z. B.:

	Siedet unter 760 mm Druck bei °C	Siedet unter 600 mm Druck bei °C	Differenz
Ameisensäure . . .	100·5	92·8	7·7
Essigsäure	119·2	117·1	7·5
Propionsäure	140·3	132·8	7·5

Im Uebrigen muß auf die Abhandlung selbst verwiesen werden. — Was die physiologische Wirksamkeit von Fettsäuren²⁾ betrifft, so hat J. Munk gefunden, daß flüchtige Fettsäuren, wenn sie ins Blut gelangen, die Herzschläge etwas häufiger und kräftiger auftreten lassen. Die Butter-säure wird im Thierkörper oxydirt und beschränkt somit den Verbrauch von andrem verbrennlichem Körpermaterial, wohl vorwiegend von Fett, wirkt also fettersparend. Die Fettsäuren gehen im Körper synthetisch in Neutralfett über, und man kann nach Walthers sogar annehmen, daß alles in der Lymphe gefundene Neutralfett in solcher Weise entstanden ist. Im Magen erleiden die Fettsäuren keine Veränderung, im Darne zeigt sich stets Fett. Der Darm wirkt also nicht nur emulgirend, zersezend und verseifend auf Fette, sondern bildet auch Fette aus Fettsäuren.

Insecten- und Carnaubawachs.

Im vorigen Bande des Jahrbuchs berichteten wir über das Bienenwachs. Es gibt aber noch eine Reihe anderer Fette, welche man mit dem Namen „Wachs“ belegt. Chemisch genommen heißt jedes Fett „Wachs“, welche aus Estern anderer

1) Ztschr. f. physik. Chemie 7. 1891 S. 433.

2) Chemik. Ztg. 13. 1889 Rep. S. 230. — 14. 1890 Rep. S. 8. — 15. 1891 Rep. S. 27.

Alkohole als des Glycerins zusammengesetzt ist. Darnach sind wirkliche Wachsorten: das Bienenwachs, das Insecten- oder chinesische Wachs, das Carnauba- und das Palmwachs, ferner auch Walrath und streng genommen (nur die Consistenz ist nicht wachsartig) Wollschweißfett. Dagegen sind Glyceridgemische und also eigentliche Fette das Myricawachs, das Japanwachs u. s. w., die also nur fälschlich die Bezeichnung als Wachs tragen. Dasselbe gilt von dem sog. vegetabilischen Wachs. Im folgenden soll über zwei Wachsorten berichtet werden, welche theils technisch wichtig geworden, theils in neuerer Zeit studirt worden sind.

Insectenwachs, chinesisches Wachs.—Dieses Wachs bildet in China und Asien überhaupt einen bedeutenden Handelsgegenstand. Nach Untersuchungen, welche die englische Regierung in Chung-King hat anstellen lassen¹⁾, stammt das Wachs vom chinesischen Insectenbaum (*Ligustrum*, wahrscheinlich *L. lucidum*). Der Baum ist klein und immergrün; er ist in Sze-chu-an sehr verbreitet und zeigt auf seiner Zweigrinde in Folge von Insectenstichen zuerst zellenartige Auswüchse, später sehr reichliche Absonderungen des Wachses. Die Zweige werden aller drei Jahre absichtlich mit den Insecten besetzt. Zuerst bildet sich ein schneeweißer krystallinischer Ueberzug, der nach 3 Monaten bereits in eine etwa 6 cm starke Wachsschicht übergegangen ist. Nun streift man das Wachs vorsichtig mit den Händen ab und schmilzt es in kochendem Wasser aus, wobei man es ganz rein und weiß erhält. Das Wachs, welches am Zweige hängen geblieben ist, kann ebenfalls durch Abkochen erhalten werden, fällt aber in der Farbe gelblich aus. Insectenwachs schmilzt bei 160° C (?) und wird hauptsächlich zur Herstellung von Kerzen verwendet, meist im Gemisch mit Talg.—Nach Hose bildet den Mittelpunkt der chinesischen Wachsidee die Stadt Tschien-tschang am gleichnamigen Flusse. Hier wächst der Wachsbaum *Ligustrum lucidum*, dessen dicke immergrüne glänzende Blätter paarweise am Zweige stehen. Der Baum trägt im Mai und Juni Büschel weißer Blumen, aus denen purpurrothe Früchte sich entwickeln. Im März zeigt der Baum zahlreiche braune Auswüchse der Aeste, wie Erbsen

1) Seifenfabrikant 5. 1885 S. 353. — 11. 1891 S. 349.

gestaltet, welche beim Deffnen eine weißbraune fleischige Masse bildeten oder auch eine Menge kleiner Thiere erkennen ließen, deren Gesammtheit mehlartig erschien. In beiden Fällen entwickelte sich in 2—3 Monaten ein Schwarm brauner Thierchen, die Weißwachsinsecten (eine Schildlausart, *Coccus pela* oder *Coccus ceriferus* Fabr.). Die Auswüchse, in welchen die Insecten enthalten sind, werden gesammelt in Papier gepackt und 300 km nordöstlich nach der Stadt Tschia-ting geschafft. Ein Pfund solcher Auswüchse kostet 2.5 bis 5 Mark und genügt zur Erzeugung von 4—5 Pfund Wachs. Bei Tschia-ting wächst ein niedriger Baum, unsern gekappten Weiden ähnlich, wahrscheinlich eine Esche (*Fraxinus Chinensis*), auf welcher sich die Wachsinsecten entwickeln. Man packt 20—30 Stück Auswüchse zusammen in ein Blatt des Holzölbaums, hängt das Ganze dicht unter die Aeste der Esche und sticht einige Löcher in das Blatt, damit die Insecten heraus können. Sie kriechen nach den Blättern der Esche, wo sie etwa 13 Tage lang nisten. Alsdann beziehen sie die Aeste und Zweige, wo die Männchen das Wachs absondern. Die übrigen Angaben Hosies stimmen mit den oben gemachten überein. Das Wachs wird in der Regel in runde Formen gegossen und nach dem Erstarren in den Handel gebracht. — Nach Benedikt (Analyse der Fette und Wachsorten S. 450) schmilzt das Wachs bei 81.5 bis 83° und erstarrt bei 80.5 bis 81°. Es hat die Dichte 0.97 bei 15°, gleicht im Ansehen dem Walrath, ist fast pulverisierbar und besteht aus fast reinem Cerotinsäure-cerylester $C_{26}H_{53}COOC_{27}H_{56}$.

Carnaubawachs, auch Cearawachs genannt. Dieses Wachs scheidet sich an der Oberfläche der Blätter von *Corypha cerifera* L. oder *Copernicia cerifera* Mart., der Wachspalme, ab und bildet einen bedeutenden Ausfuhrartikel Brasiliens. Die Wachspalme wächst hauptsächlich in der Provinz Ceara. Die Blätter werden abgebrochen und im Schatten getrocknet, worauf man sie einzeln auf ein Tuch legt und mit einem Stode klopft. Hierbei löst sich das Wachs in weißlichen Schuppen ab. Man kocht es nun mit sehr wenig Wasser und gießt es in thönerne Formen ab, so daß Kuchen von je 2 Rgr. entstehen. Von einer Palme schneidet man nicht mehr als 8 Blätter, wiederholt dies jedoch 6 Monate lang jeden Monat zwei-

mal, so daß in dieser Zeit jeder Baum 96 Blätter mit etwa 1.8 Kgr. Wachs liefert. Die Provinz Ceara führt jährlich etwa 2 Millionen Kgr. Carnaubawachs aus.¹⁾ Man schmilzt es um und bringt es in Broden in den Handel. Das rohe Wachs ist schmutzig grünlich oder gelblich und so spröde, daß man es pulvern kann. Durch Bleichung wird es weiß. Seine Dichte ist 0.99—0.999 bei 15°, sein Schmelzpunkt 83—86°, sein Erstarrungspunkt 80—81°. Sehr altes Carnaubawachs zeigt erhöhten Schmelz- und Erstarrungspunkt. Das Wachs löst sich in Aether oder in kochendem Alkohol völlig auf; beim Erkalten scheiden die Lösungen eine bei 105° schmelzende krystallinische Masse ab.

Nach den Untersuchungen von H. Stärke²⁾ ist das Wachs ein Gemisch aus sehr verschiedenen Substanzen. Es findet sich darin ein bei 59—59.5° schmelzender Kohlenwasserstoff, ein Alkohol vom Schmelzpunkt 76°, dessen Formel $C_{27}H_{55}OH$ ist (Heptacosylalkohol?), weiter Myricylalkohol $C_{30}H_{61}OH$ vom Schmelzpunkt 85.5°, ein zweisäuriger Alkohol $C_{25}H_{50}(OH)_2$ vom Schmelzpunkt 103.5 bis 103.8 (Pentacosylenglycol?) liefert eine Säure $C_{23}H_{46}(COOH)_2$ die bei 102.5° schmilzt, eine Säure $C_{23}H_{47}COOH$ vom Schmelzpunkt 72.5° (isomer der Siginocerin-säure), eine Säure $C_{26}H_{53}COOH$ vom Schmelzpunkt 79° (isomer der Cerotinsäure), endlich eine Dvysäure $C_{20}H_{40}OHCOOH$ oder deren Lacton vom Schmelzpunkt 103.5°, aus welcher eine Dicarbonsäure $C_{19}H_{38}(COOH)_2$ mit dem Schmelzpunkt 90° dargestellt werden konnte. Das Carnaubawachs enthält gegen 55% Substanzen, welche durch Petroleumäther aus dem verseiften Wachs weggelöst werden können. Davon sind 45 bis 50% Myricylalkohol, der im Wachs theils frei, theils als Ester enthalten ist. Er besitzt die Formel $C_{30}H_{62}O$, während nach F. Schwalb (vergl. den vorjährigen Band des Jahrbuchs) Myricylalkohol aus Bienenwachs wahrscheinlich die Formel $C_{31}H_{64}O$ zukommt.

Das Carnaubawachs ist übrigens selbst mit alkoholischer Kalilauge nur sehr schwer zu verseifen; verwendet wird es in großen Mengen zur Kerzen- und Wachsfirnisfabrikation.

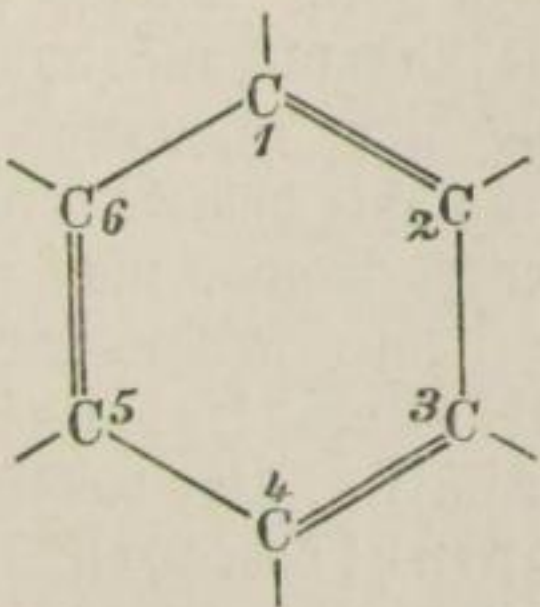
1) Seifenfabrikant 10. 1890 S. 104.

2) Lieb. Ann. 223. 1884 S. 283.

Nach J. König ¹⁾ werden die Früchte der Wachspalme im gerösteten Zustande in Brasilien zur Herstellung eines Kaffeesurrogats verwendet. In diesen Früchten sind im rohen Zustande 10.57% Fett enthalten, dessen Zusammensetzung aber von der des Carnaubawachses abweicht.

Benzol.

Constitution des Benzols. — Bekanntlich war es Kekulé, der im Jahre 1865 zuerst eine Ansicht über die Constitution aromatischer Verbindungen äußerte. Er wies darauf hin, daß alle aromatischen Verbindungen an Kohlenstoff verhältnißmäßig reicher sind, als entsprechende nicht aromatische Körper, daß sie nämlich wenigstens 6 Kohlenstoffatome enthalten. Auch sind die Umwandlungsprodukte aromatischer Verbindungen sämtlich wiederum aromatische Substanzen; selbst bei tiefer greifenden Zersetzungen, bei denen Kohlenstoff zum Theil eliminiert wird, enthält das Hauptprodukt doch wenigstens 6 Kohlenstoffatome. Es ist also die Annahme berechtigt, daß in allen aromatischen Verbindungen ein gemeinschaftlicher Kern enthalten sei, der aus 6 Kohlenstoffatomen besteht und innerhalb dessen der Kohlenstoff in engerer Verbindung oder dichterem Aneinanderlagerung sich befindet. Da nun die einfachste aromatische Verbindung das Benzol C_6H_6 ist, so nennt man diesen Kern den Benzolkern, oder weil Kekulé für ihn eine ringförmige Verkettung mit abwechselnd einfachen und doppelten Bindungen annahm, den Benzolring. Seine Structurformel wäre also:



so daß jedes Kohlenstoffatom noch eine Affinität frei hätte. Diese Formel trägt einer Reihe von empirisch gefundenen That-

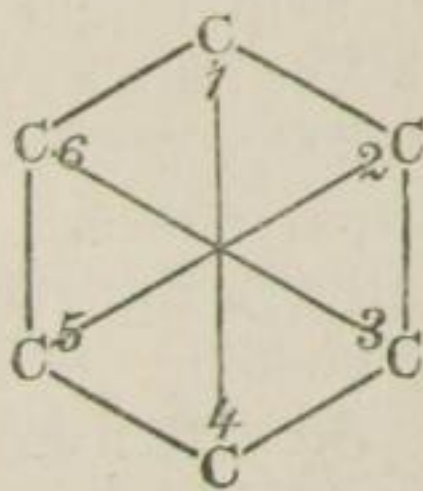
1) Chemik. Ztg. 15. 1891 Rep. S. 208.

fachen Rechnung. Da die 6 Wasserstoffatome des Benzols gleichwerthig sind, kann durch Substitution von einem Wasserstoffatom, gleichgültig an welchem der 6 Kohlenstoffatome es angelagert ist, immer nur dasselbe Monosubstitutionsprodukt entstehen. Dagegen sind 3 Disubstitutionsprodukte denkbar, nämlich mit der Stellung der Seitenketten an 1 und 2 (benachbart, Orthostellung) oder 1 und 3 (getrennt, Meta-stellung) oder 1 und 4 (gegenüberstehend, Parastellung), wegegen 1 und 6 oder 1 und 5 der Ortho- oder Meta-stellung entsprechen würden. Trisubstitutionsprodukte sind ebenfalls nur 3 möglich, nämlich in benachbarter Stellung (1:2:3), oder in asymmetrischer Stellung (1:2:4), oder in symmetrischer Stellung (1:3:5). Bei 4 Substitutionen liegt wiederum die Möglichkeit von drei Isomeren vor; bei 5 Vertretungen kann dagegen stets nur ein und dasselbe Produkt erhalten werden. Selbstverständlich ist in allen Fällen Substitution durch dasselbe Element oder Radical gemeint, da bei Vertretung mit verschiedenen Seitenketten sich die Isomeriefälle erheblich vermehren. In jedem einzelnen Falle genügt die Kekulé'sche Formel des Benzolkerns zur Erklärung des thatsächlichen Befundes bei Untersuchung isomerer Benzolderivate. Dazu kommt, daß sie völlig erklärt, warum die Halogene nicht bloß Substitutions-, sondern auch Additionsprodukte des Benzols ergeben, jedoch nur 3, z. B. für Chlor $C_6H_6Cl_2$, $C_6H_6Cl_4$ und $C_6H_6Cl_6$. Es findet nämlich Lösung von einer, zwei oder drei Doppelbindungen des Kerns und hiermit Freiwerden von zwei, vier oder sechs Werthigkeiten statt. Endlich hat Kekulé auch recht behalten, wenn er die Vermuthung aussprach, daß ein durch Wasserstoffaustritt aus nicht aromatischen Kohlenwasserstoffen und eine hierdurch veranlaßte dichtere Bindung der Kohlenstoffatome zustande kommendes Benzol nicht mit dem gewöhnlichen identisch, sondern nur isomer sein werde. Es ist nämlich gelungen, aus dem Diallyl oder Hexin ($CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH=CH_2$ oder C_6H_{10}) über das Dibromhexin $C_6H_8Br_2$ hinweg zu dem Dipropinyl oder Dipropargyl zu gelangen, welches wie das Benzol die Formel C_6H_6 besitzt. Abgesehen davon, daß letzteres physikalisch vom Benzol verschieden ist, liefert es auch sehr leicht mit Brom zwei Additionsprodukte $C_6H_6Br_4$ und $C_6H_6Br_8$, während Benzol sich nur schwierig mit Brom

vereinigt und als höchstes Additionsprodukt $C_6H_6Br_6$ ergibt. Sonach muß man dem Dipropinyl die Constitution $CH \equiv C - CH_2 - CH_2 \equiv CH$ zusprechen und es für ein bloßes Isomeres des Benzols erklären.

Ob schon also die Kekulé'sche Ansicht von der Constitution des Benzols vielfach gut gestützt ist, wurden doch alsbald nach ihm eine große Anzahl anderer Constitutionenformeln für das Benzol in Vorschlag gebracht. Heute ist das wissenschaftliche Material über diese Frage ein so massenhaftes, daß eine eingehendere Besprechung desselben weit über den Rahmen unsres Buches hinaus gehen würde. Nur andeutungsweise sollen einzelne wichtige Punkte aus dieser interessanten theoretisch-chemischen Angelegenheit hervorgehoben und dabei auf die Originalabhandlungen verwiesen werden; ebenso ist das ausführliche Referat über diesen Gegenstand von B. Wächter¹⁾, dem wir auch hier theilweise folgen, zu einem eingehenderen Studium zu empfehlen.

Im Jahre 1867 hat A. Claus die folgende Benzolformel aufgestellt:



Hier ist jedes Kohlenstoffatom mit drei anderen direct verbunden; aber die neun einfachen Bindungen sind nicht gleichwerthig, vielmehr unter sich die 6 im Ringe und ebenso die 3 diagonalen. Letztere werden gelöst, sobald Additionen stattfinden. Substitutionen sollen die drei 1:4, 1:2 und 1:6 möglich sein. Nach A. Ladenburg sind jedoch die beiden letzten identisch, denn in jedem Falle ist ein Kohlenstoffatom mit je 3 anderen durch eine und mit dem Wasserstoffatome oder dessen Substituten durch die vierte Affinität gebunden. Die Annahme von drei Isomeriefällen wäre mit der sogenannten Diagonalformel von Claus nur möglich, wenn die Ba-

1) Chem. Centralbl. 61. 1. 1890 S. 457. 505. 561. 617. 849.

lenzen nicht identisch wären.¹⁾ Dagegen sucht E. Zellmann²⁾ die Diagonalformel zu vertheidigen, indem er folgende Punkte hervorhebt. Die drei existirenden salzsauren Nitroaniline $C_6H_4(NO_2)NH_2$ besitzen gegenüber Wasser eine verschiedene Zerfallsfähigkeit, welche am größten bei der Ortho-, am geringsten bei der Metaverbindung ist. Bei Einführung von (NO_2) oder (OH) in einfache Benzolderivate entstehen Produkte, deren Reaktionsfähigkeit von der Meta- durch die Ortho- zur Paraverbindung abnimmt, mitunter auch in der Reihenfolge $m:p:o$. Der Einfluß der o - und p -Stellung überwiegt also entschieden den der m -Stellung. Deshalb darf man die Parastellung nicht wie bisher als die Gegenüberlagerung auffassen. Unter der Annahme, daß die Entfernung von 2 Atomen in einem Molekül einer chemischen Verbindung mit der Anzahl der zwischen beiden Atomen liegenden einfachen Bindungen wächst und abnimmt (welche Annahme von Ostwald herrührt), würde die Diagonalformel am besten mit den obigen Thatsachen in Einklang stehen, indem sie die näheren Beziehungen zwischen dem orientirenden und dem o - und p -Punkte durch directe Bindung darstellt. A. Claus³⁾ weist darauf hin, daß die Untersuchungen von Nietzki und Rehrmann über die secundären und tertiären Chinone einen schlagenden Beweis für die Richtigkeit der Diagonalformel geliefert hätten. Auch der Vorwurf, daß diese Formel keinen eigentlichen Unterschied zwischen Ortho- und Parastellung mache, sei hinfällig. 1:2 sei die Ortho- und 1:4 die Parastellung. In beiden Fällen sind 2 Kohlenstoffatome einfach miteinander verbunden; aber das einmal durch centrale, das andremal durch peripherische Bindung. Bei Additionen lösen sich die Centralbindungen auf, daher die Additionsprodukte nicht mehr völlig deutlich die Eigenschaften aromatischer Körper besitzen. Auf die Ausführungen von Baeyer kommen wir später zurück; sie sprechen gegen die Diagonalformel, werden aber von Claus⁴⁾ als belanglos angesehen. Auch hat sich Willgerodt dahin erklärt, daß er auf Grund von Untersuchungen der Einwirkung des Chlors auf Benzol zu dem Schlusse

1) Berl. Ber. 14. 1881 S. 1405. — 15. 1882 S. 1782.

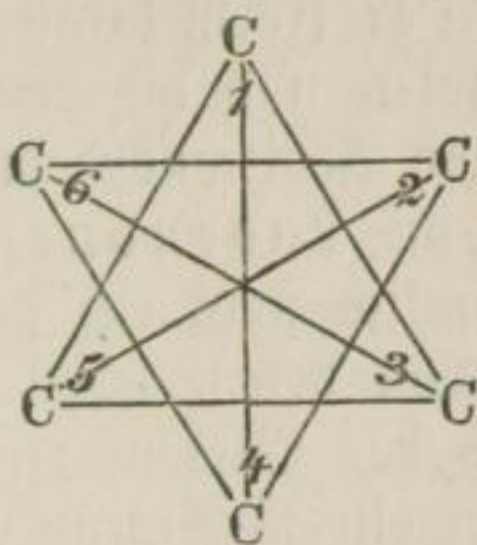
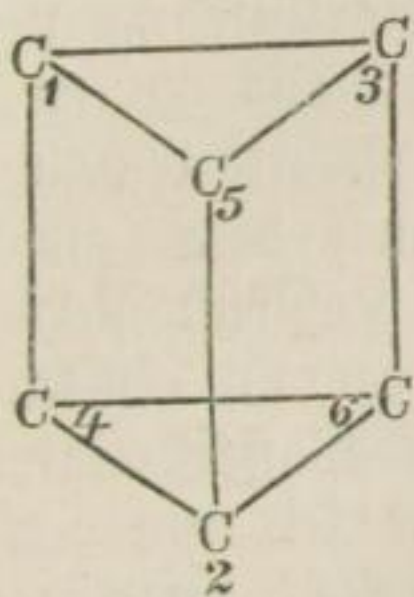
2) Ebendas. 17. 1884 S. 2719.

3) Ebendas. 20. 1887 S. 1422.

4) Journ. f. prakt. Chemie (N. F.) 37. 1888 S. 455.

gelangt sei, von den Sechseckformeln lasse sich nur die von Claus halten.¹⁾

Weiter sei der räumlichen Formel von A. Ladenburg gedacht, welche man gewöhnlich Prismenformel nennt und die folgende Form besitzt:



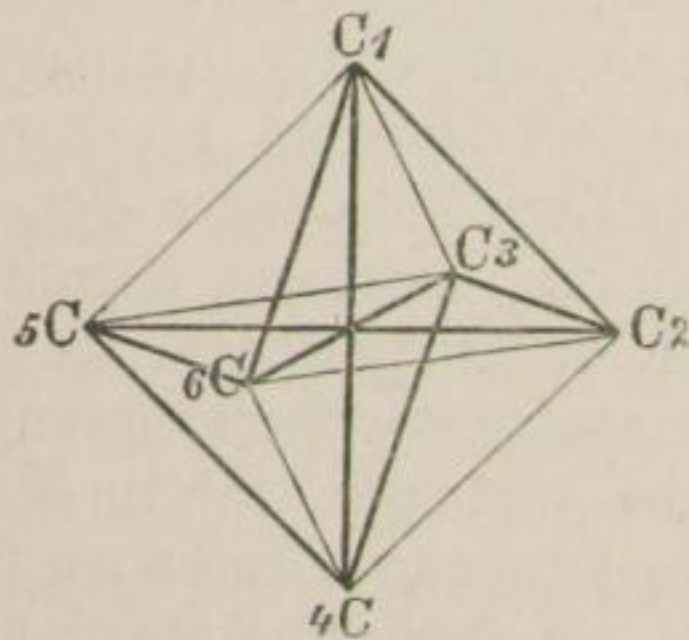
Es ist also jedes Kohlenstoffatom einfach mit drei andern verbunden, von denen zwei wieder unter sich directe Bindung haben. Man kann dies auch in dem an zweiter Stelle gezeichneten Sternschema zum Ausdruck bringen. 1:4 wäre Para-, 1:3 oder 1:5 Meta- und 1:2 oder 1:6 Orthostellung. Die Formel läßt die Erklärung von Additionen nur in gezwungener Weise zu; dagegen gewährt die Formel genügende Erklärung für die drei Isomeren der Disubstitutionsproducte und findet durch gewisse thermochemische Thatsachen eine Stütze²⁾. A. Baeyer constatirte, daß Hexahydrobenzol und Hexamethylen C_6H_{12} identisch sind (siehe unten), sowie daß die isomeren Substitutionsproducte des Benzols bei der Reduction Derivate des Hexamethylens liefern, welche die Substituenten an den Kohlenstoffatomen 1:2, 1:3 und 1:4 enthalten. Es behalten also die Kohlenstoffatome des Benzols bei der Uebersührung in Hexahydrobenzol dieselben Stellungen bei, welche ihnen am Kekulé'schen Benzolring zukamen. Damit wird die Ladenburg'sche Prismenformel unhaltbar³⁾. J. Thomsen ist auf Grund seiner Bestimmung der Verbrennungswärme des Benzols zu dem Schlusse gekommen, daß im Benzolmolekül wahrscheinlich keine Doppelbindungen enthalten sind, vielmehr neun einfache Bindungen die Kohlenstoffatome verknüpfen. Dieser

1) Chemif. Ztg. 12. 1888 S. 1299.

2) Berl. Ber. 19. 1886 S. 971.

3) Ebendas. S. 1797.

Wahrscheinlichkeit würde die L adenburg'sche Formel Rechnung tragen; aber gegen sie spricht, daß das dreiseitige Prisma kein regelmäßiger Körper ist, wie auch eine Anzahl chemischer Thatsachen sich mit der Prismenformel nicht in Einklang bringen lassen¹⁾. Immerhin wird von vielen Seiten auch die Brauchbarkeit dieser Formel anerkannt. Die Bildung des Benzols aus Acetylen und die des Mesitylens aus Aceton, die Entstehung von Additionsproducten u. s. w. erklären die Kekulé'sche wie die L adenburg'sche Formel beide gleich gut; es bleibt nämlich stets ein geschlossener Kohlenstoffkern aus sechs Atomen, von denen jedes mit zwei andern einfach verknüpft ist. Auch der Gleichwerthigkeit aller Wasserstoffatome tragen beide Formeln Rechnung. — Erwähnt sei weiter die Octaëderformel von J. Thomsen, welche derselbe (a. a. O.) im Jahre 1886 aufstellte, um die oben erwähnten Bedenken zu beseitigen. Nach ihm sind folgende Voraussetzungen zu beachten. Die 6 Atome Kohlenstoff im Benzol sind chemisch gleichwerthig, müssen also auch physikalisch dieselben Bedingungen erfüllen. Dies geht nur an, wenn sie an den Ecken eines regelmäßigen Octaëders stehen. Unveränderlich bleiben die drei Axen des Octaëders; sie sind unlöslich, außer wenn eine Störung des chemischen Gleichgewichts eintritt. Außerdem bestehen als peripherische Bindungen diejenigen, welche den Octaëderkanten entsprechen. Jedes Kohlenstoffatom bindet drei andere, die gegenseitig keine Bindung besitzen, aber einer der drei Axen angehören. Die Formel sieht also so aus:

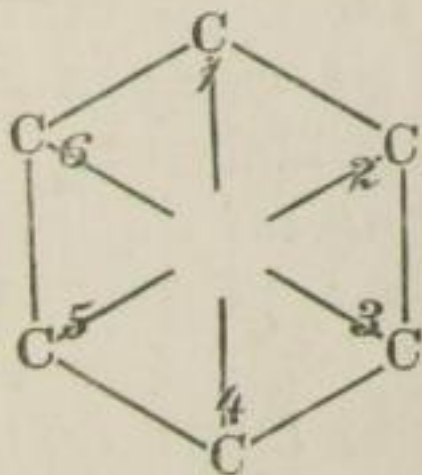


Diese Formel läßt an jedem Kohlenstoffatome eine Wer-

1) Berl. Ber. 19. 1886 S. 2944.

thigkeit frei, entspricht also dem Benzol C_6H_6 . Für das Hexahydrobenzol C_6H_{12} würden die Bindungen 1:2, 3:4 und 5:6 in Wegfall kommen, so daß jedes Kohlenstoffatom 2 freie Werthigkeiten besäße. Gegen diese Formel wendet sich Claus, indem er hervorhebt, daß sie sich durch Zeichnung der Projection in der Ebene in eine ringsförmige Kette auflöse, übrigens auch den Fehler einer ungleichmäßigen Bindung (in der ringsförmigen Lösung unsymmetrische Verkettung) zeige, indem z. B. 1:4 und 2:5 Bindungen von größerem Abstände seien, als die übrigen, zu welcher Annahme nichts berechtige. Auch A. R. Miller¹⁾ führt gegen die Formel in's Feld, daß sich mit ihrer Hilfe das Chinon nicht als Diketon darstellen lasse; auch lasse sie 4 Disubstitutionsproducte des Hexahydrobenzols zu. Für die Formel ist dagegen Sworn eingetreten, dessen Gründe hier freilich nicht angeführt werden können.

Mit Uebergehung der Formeln von R. Meyer und von F. Herrmann, von denen die erstere ebenfalls octaëdrisch und eine Modification der Prismenformel ist, die zweite dagegen vom regulären Hexaëder ausgeht und die Kohlenstoffatome in der Mitte der Flächen anordnet, wenden wir uns zu der Benzolformel mit freien Verwandtschaften, welche Lothar Meyer in seinen „modernen Theorien der Chemie“ angegeben hat. Dieselbe hat folgende Form:



Sie unterscheidet sich also von der Kekulé'schen Formel nur dadurch, daß einfache Bindung der Kohlenstoffatome mit je einer freien Affinität für jeden Kohlenstoff angenommen ist. Hierdurch erklärt sich die Bildung von Additionsproducten, wie mancher andre chemische Vorgang noch leichter, als bei der Formel ohne freie Werthigkeiten. Doch genügt diese Formel

1) Chem. News 55. 1886 p. 43.

gewissen Anforderungen nicht, welche das optische und thermische Verhalten des Benzols zu stellen zwingt.

Besonders tiefgehend und wichtig sind die Untersuchungen von A. Baeyer zur Erforschung der Constitution des Benzols¹⁾. Auf sie sei daher etwas näher eingegangen. Die Fortschritte, welche die Lehre vom Benzol seit Aufstellung der Kekulé'schen Theorie gemacht hat, beschränken sich im Wesentlichen auf Erörterung vonstellungsfragen. Ein bestimmter Erfolg dieser Untersuchungen ist bisher nicht zu verzeichnen gewesen. Da stets nur Benzol und Benzolderivate die Gegenstände des Studiums waren, so konnte man nur feststellen, daß die sechs Wasserstoffatome des Benzols symmetrisch gruppiert und in welcher Weise die Kohlenstoffatome verkettet sind. Ueber die räumliche Anordnung der Atome im Molekül und die Natur der im Benzol waltenden chemischen Anziehungskräfte herrscht noch völliges Dunkel, welches nur gelüftet werden könnte, wenn man von gesättigten Verbindungen der Fettreihe ausgehend allmählich zu Benzolderivaten gelangte (oder umgekehrt) und hierbei die ganze Reaction bis in's Einzelste studirte.

Es ist nun Baeyer gelungen, die Umwandlung der Succinylbernsteinsäure in Terephthalsäure auszuführen und alle hierbei gemachten Beobachtungen zur Aufstellung einer richtigen Benzolformel zu verwenden. Dabei gelang die wichtige Feststellung, daß Hexahydrobenzol und Hexamethylen identische Körper sind, ferner die andre, daß bei Uebergang dieses Kohlenwasserstoffs in Benzol die Stellung der die Wasserstoffatome vertretenden Gruppen unverändert bleibt. Weiter hat Baeyer auch den umgekehrten Weg der Untersuchung eingeschlagen und ist von der Terephthalsäure zu den gesättigten Verbindungen der Fettreihe gelangt.

Im folgenden sei in Kürze die zuerst erwähnte Untersuchung weiter erläutert. Aethylalkohol C_2H_5OH liefert bei Erhitzung mit Schwefelsäure den ungesättigten Kohlenwasserstoff Aethylen C_2H_4 . Wird dieses Gas in abgekühltes, mit Wasser überschichtetes Brom geleitet, so entsteht Aethylendibromid $C_2H_4Br_2$, welches beim Erhitzen mit Weingeist und

1) Berl. Ber. 19. 1886 S. 428. 1797. 1803. — Lieb. Ann. 245. 1888 S. 103. 121. — 251. 1889 S. 257. — 256. 1890 S. 1. — 258. 1890 S. 1. 145. — 266. 1891 S. 169. — 269. 1892 S. 145.

Cyankalium in das entsprechende Cyanid $C_2H_4(CN)_2$ übergeht. Letzteres liefert beim Kochen mit Säuren die Bernsteinsäure $C_2H_4(COOH)_2$, deren Säureradical $[C_2H_4(CO)_2]^{II}$ den Namen Succinyl erhalten hat. In bekannter Weise gelangt man von der Bernsteinsäure zu ihrem Aethylester $C_2H_4(COOC_2H_5)_2$, der durch Natrium in den Succinylbernsteinsäureester $C_2H_2[C_2H_4(CO)_2](COOC_2H_5)_2$ verwandelt wird. Letzterer besitzt die empirische Zusammensetzung $C_{12}H_{16}O_6$ und wird durch Brom oder durch Einleiten von Luft in die alkalische Lösung in Hydrochinondicarbonsäureäthylester $C_6H_2(OH)_2(COOC_2H_5)_2 = C_{12}H_{14}O_6$ übergeführt. Dieser Körper gehört nun zu den aromatischen Verbindungen und ist nach Baeyers Untersuchungen identisch mit Dioxyterephthalsäureäthylester. Terephthalsäure besitzt die Formel $C_6H_4[1:4](COOH)_2$, also die Carboxyle in der Parastellung; demgemäß stehen in der Dioxyterephthalsäure (welche man durch Schwefelsäure aus dem Aethylester ausscheiden kann) die Hydroxyle in Stellung 1:4, die Carboxyle in Stellung 2:5.

Das Benzol ist ein nicht gesättigter Kohlenwasserstoff, der im Stande ist, unter Bindung sechs weiterer Wasserstoffatome in Hexahydrobenzol überzugehen. Es sind aber theoretisch neun verschiedene Hexahydrobenzole C_6H_{12} denkbar, und die Frage war, ob alle Benzolderivate dasselbe Hexahydrobenzol liefern und welcher der neun isomeren Formen, die aufgestellt werden können, dasselbe entspricht. Baeyer hat nun in doppelter Weise constatirt, daß Hexahydrobenzol und Hexamethylen identisch sind. Es kommt also z. B. dem Hexahydrobenzol nicht die Formel des Methyläthyltrimethylens $(CH_2)(C_2H_4)(CH_2)_3$ oder des Propyltrimethylens $C_3H_6(CH_2)_3$, sondern die Formel des Hexamethylens $(CH_2)_6$ zu. Dies folgt erstens daraus, daß bei der Synthese des Succinylbernsteinsäureäthylesters ein Ring von 6 Kohlenstoffatomen gebildet wird, der als Hexamethylen derivat anzusehen ist und unverändert noch im Dioxyterephthalsäureäthylester und also auch in der Terephthalsäure enthalten ist, und zweitens, daß man aus Natriummalonsäureäther beim Erhitzen Phloroglucintricarbonsäure erhält, eine Condensation, die nur durch Bildung eines Rings aus 6 Kohlenstoffatomen erklärlich wird. Ebenso führte Baeyer den Beweis, daß das Benzol bei der Reduction immer Hexamethylen liefern muß.

Allen experimentellen Erfahrungen, die Baeyer gemacht hat und die hier nur angedeutet werden konnten, trägt nun die sog. centrische Formel des Benzolkerns Rechnung.

Dieselbe ist äußerlich identisch mit der von L. Meyer gegebenen Formel (siehe Seite 367); aber die Deutung ist eine etwas andre. Das Benzol enthält nach Baeyer einen Ring von sechs Kohlenstoffatomen, von deren 4 Werthigkeiten je eine nach dem Mittelpunkte des Rings gerichtet ist. Diese Valenzen paralysiren sich gegenseitig, weshalb der Kohlenstoff im Benzol nur dreiwertig erscheint. Diese „passiven“ Valenzen werden fester halten, als es bei Doppelbindungen der Fall ist, denn Uebermangansäure greift sie nicht an. Aber sie sind weniger fest als die einfachen Bindungen, da Terephthalsäure durch Natriumamalgam reducirt wird. — A. Ladenburg hebt nun allerdings hervor, daß die Baeyer'sche Formel mit der Diagonalförmel zusammenfalle¹⁾, denn da die einander gegenüberstehenden Kohlenstoffatome gleiche, aber entgegengesetzt gerichtete Kräfte ausüben, so müßten sich die gegeneinander gerichteten Valenzen binden. Damit wäre man bei der Formel von Claus²⁾ angelangt, die nicht haltbar ist. Auch A. Claus³⁾ ist der Meinung, daß die Schlüsse, welche Baeyer bezüglich der Constitution des Benzols aus seinen Untersuchungen gezogen hat, nicht richtig seien. Dagegen hat J. E. Marsh die Baeyer'sche concentrische Formel für sehr beachtlich erklärt und zugleich mit der van t'Hoff'schen Hypothese in Einklang zu bringen gesucht, nach welcher das Kohlenstoffatom ein reguläres Tetraëder wäre und seine 4 Valenzen die Richtung vom Centrum des Tetraëders nach den 4 Ecken besäßen. Es sind dann nach Marsh elf geometrisch verschiedene Formeln für das Benzol möglich, ohne daß man sich mit Sicherheit für eine derselben als die richtige entscheiden könnte. Die Besprechung dieser Formelbilder würde uns hier zu weit führen. Neuerdings hat A. Ladenburg⁴⁾ noch mehrfach seine Stimme gegen Baeyer erhoben, und insbesondre betont, daß das Kekulé'sche Sechseck mehr als 3 Bisubstitutionsderivate voraussetzt

1) Lieb. Ann. 246. 1888 S. 382.

2) Journ. f. prakt. Ch. (N. F.) 40. 1889 S. 69.

3) Chem. Centralbl. 60. 1. 1889 S. 70.

4) Berl. Ber. 23. 1890 S. 1007.

was den Thatsachen widerspricht, während die Prismenformel in diesem Falle den Thatsachen durchaus gerecht wird. Weiter besitzt die Kekulé'sche Formel Doppelbindungen; nun entstehen isomere Verbindungen, je nachdem 2 Wasserstoffatome an direct mit einander verbundenen Kohlenstoffatomen vertreten werden oder an solchen, die nicht direct verbunden sind. Hierbei müßte es sicher einen Unterschied machen, ob die beiden C-atome doppelt oder einfach gebunden sind, was aber den Thatsachen widerspricht. Die Prismenformel kennt keine Doppelbindungen. Ladenburg ist der Meinung, daß den statischen Verhältnissen des Benzols seine eigene Formel am besten entspricht, Bildungs- und Zersetzungsweisen aromatischer Verbindungen dagegen einfacher nach Kekulé auszudrücken sind.

Kurz angeführt sei die Formel von Dewar, welche eine ungleichmäßige Bindung der Kohlenstoffatome im Sechseck bietet und also der Forderung gleichwerthiger Wasserstoffatome nicht Rechnung trägt, und die Erörterung von H. Sachsé¹⁾ über die Configuration des Benzolmoleküls, welche von dem van't Hoff'schen Kohlenstoffatom ausgeht und ein Modell zur Veranschaulichung des Benzols empfiehlt. Dieses Modell soll zu Stande kommen, indem man an einem Pappoctaëder zwei parallel liegende Dreiecke entfernt und auf jedem der sechs übrigen Dreiecke ein reguläres Tetraëder so befestigt, daß ihre Grundflächen durch die Octaëderdreiecke gebildet werden. Die sechs Tetraëder stellen die 6 Kohlenstoffatome dar; an den freien Ecken hat man sich die Wasserstoffatome angelagert zu denken. Die Verbindungslinie der Mittelpunkte beider beseitigter Octaëderflächen wird als Axe des Körpers bezeichnet. Aus den an diese körperliche Vorstellung von der Beschaffenheit des Benzolkerns geknüpften Betrachtungen zieht Sachsé den Schluß, daß der Kekulé'schen Formel die größte Berechtigung zukommt. Endlich sei die räumliche Formel von Loschmidt und jene von W. Baubel nur erwähnt.²⁾

Noch sind eine ganze Reihe von Kundgebungen zu Gunsten der ältesten und einfachsten Benzolformel, derjenigen von Kekulé zu verzeichnen. Zunächst weist A. Kekulé selbst die

1) Berl. Ber. 21. 1888 S. 2530.

2) Z. f. Ch. (N. F.) 44. 1891 S. 137.

gegen seine Formel auf Grund der Bildung der Carboxytronsäure aus Brenzkatechin gezogenen Schlüsse als fehlerhaft zurück,¹⁾ da diese Carboxytronsäure nichts anderes als Dioryweinsäure sei, in welcher kein Kohlenstoffatom mit drei andren in Verbindung steht. Sonach kann man auch nicht von ihr aus darauf schließen, daß im Benzol ein Kohlenstoff mit drei andren verkettet ist. Ferner weist Kekulé in Gemeinschaft mit D. Strecker nach, daß sich alle Vorgänge bei Bildung der Trichlorphenolmalonsäure (besser als β -Trichloracetylacrylsäure zu bezeichnen) aus Benzol, Kaliumchlorat und Schwefelsäure am einfachsten mit Hülfe der Sechseckformel des Benzols erklären lassen.²⁾ A. Geuther findet, daß Baeyer seinem Dioryterephthalsäureäthylester eine fehlerhafte Constitutionsdeutung habe angedeihen lassen; die richtige führe zu der Formulirung des Benzolkerns nach Kekulé oder doch einer dieser sehr nahe stehenden.³⁾ Endlich hat J. W. Brühl auf Grund des Lichtbrechungsvermögens von Benzol Schlüsse auf dessen Constitution gezogen, die ebenfalls für die Kekulé'sche Formel sprechen.⁴⁾ Die beobachteten Werthe der Molecularrefraction aromatischer Kohlenwasserstoffe sind um einen annähernd constanten Betrag größer, als diejenigen, welche sich aus den chemischen Formeln der betreffenden Körper durch Berechnung ergeben. Brühl hat nun gefunden, daß alle ungesättigten Körper mit Doppelbindung von Atomen einen derartigen Ueberschuß ergeben, dessen Höhe von der Anzahl der Doppelbindungen abhängt. Die Atomrefraction des gesättigten Kohlenstoffatoms bleibt dieselbe, sobald nur einfache Bindung seiner Valenzen stattfindet. Eine Doppelbindung der Atome ist niemals zwei einfachen Bindungen optisch äquivalent. Die Beobachtung der Molecularrefraction des Benzols ergab nun zweifellos, daß in dem Benzol drei Aethylenbindungen anzunehmen sind, ferner ebenso zweifellos, daß bei Synthese des Benzols durch Polymerisation des Acetylen die mehrfachen Bindungen des letzteren sicher nicht in durchweg einfache umgewandelt sind. Hieraus zieht Brühl den Schluß, das für das Benzol selbst

1) Lieb. Ann. 221. 1883 S. 230.

2) Ebenda 223. 1884 S. 170.

3) Ebenda 244. 1888 S. 190.

4) Berl. Ber. 20. 1887 S. 2288.

die Kekulé'sche Constitutionformel in der zuverlässigsten Weise sicher gestellt sei.

Wir glauben, diese Betrachtungen über die Constitution des Benzols nicht besser abschließen zu können, als wenn wir einige Worte von Lothar Meyer¹⁾ wörtlich hersetzen, die uns der Pflicht überheben, unsere eigne Meinung von dem Werthe vorliegender Speculationen auszusprechen: „Ich möchte die Frage nicht unterdrücken, ob wir nicht Gefahr laufen, auf die früher so arg verpönten räumlichen Vorstellungen jetzt zu großen Werth zu legen. Ich glaube durchaus, daß sie, soweit irgend möglich, verfolgt werden müssen; und ich fürchte nicht, daß die Forscher, die dieses unternehmen, dadurch Schaden an ihrer Seele leiden. Aber für die Jünger, die auf des Meisters Worte schwören, könnte Gefahr drohen. Der Benzolring und das unsymmetrische Kohlenstoffatom dürfen freilich als sicher gestellte Entdeckungen behandelt werden. Die Form aber, in welcher wir diese zum Ausdruck bringen, wird der Wirklichkeit kaum so ähnlich sein, wie eine Kohlezeichnung auf rauher Wand einer sonnigen Landschaft. Alle in's einzelne weiter getriebenen Vorstellungen werden immer noch weniger Aussicht haben, sich mit der Wirklichkeit zu decken; und um so gefährlicher wird es, wenn der Schüler sie mit dieser verwechselt.“

Gewinnung des Benzols. — Das Benzol ist zuerst von Faraday im Jahre 1825 in der Flüssigkeit gefunden worden, welche bei der Verdichtung des aus Del dargestellten „tragbaren Gases“ entsteht. Liebig wußte bereits, daß man es bei der trocknen Destillation von Steinkohlen erhalten kann, und Hofmann stellte es 1845 aus Steinkohlentheer dar. In größerer Menge bereitete es zuerst im Jahre 1848 Mansfield, ebenfalls aus Steinkohlennaphtha. Bei der jetzt üblichen Destillation des Steinkohlentheers erhält man 2—4% vom Theer an Vorlauf und 7—8% vom Theer an leichtem Del oder roher Naphtha; beide, namentlich aber das leichte Del dienen zur Benzolgewinnung, indem man sie der fractionirten Destillation unterwirft. Eine gewisse Menge Benzol geht bei der Leuchtgasfabrikation aber auch in das Leuchtgas über und macht zum Theil dessen Leuchtwerth aus. Den Benzolgehalt

1) Lieb. Ann. 247. 1888 S. 254.

des Kohlengases kann man nach J. A. Kendall (D. R.-P. 24318) erhöhen, indem man das fertige Gas über glühende Koks leitet, die sich in gußeisernen oder stählernen liegenden Röhren befinden. Den günstigsten Hitzeegrad muß man durch Proben feststellen, da verschiedene Kohlengase in dieser Beziehung ein verschiedenes Verhalten zeigen.¹⁾ — Das Leuchtgas wird zur Zeit vielfach für Heiz- und Kochzwecke benutzt. Hierbei ist sein Leuchtwerth ohne Wesenheit; dagegen kommt viel darauf an, daß das Gas völlig von leicht condensirbaren Gasen befreit ist. G. E. Davis hat nun die Beobachtung gemacht, daß man diese condensirbaren Gase dem Leuchtgase durch fette Oele oder ölige Kohlenwasserstoffe fast vollständig entziehen kann.²⁾ Das Gas aus 1 t (= 1000 Kgr.) Kohle gibt mehr als 23 Lit. dieser verdichteten Kohlenwasserstoffe, welche Davis als Kohbenzol bezeichnet. Als besonders geeignetes Absorptionsmittel wird das Del der Theerdestillation empfohlen, welches zwischen Kreosot und Anthracenöl übergeht. 3000 cem der absorbirten Kohlenwasserstoffe enthielten 1538 cem Benzol, 625 cem Toluol, 245 cem Xylol und 352 cem Naphthalin.

Auch als Nebenprodukt der Delgasbereitung wird neuerdings Benzol gewonnen. S. P. Sadtler³⁾ theilt hierüber mit, daß man eine dünne Flüssigkeit beobachtet, welche sich in den zur Ansammlung des Delgases bestimmten Behältern verdichtet, besonders wenn im Apparat ein schwacher Druck herrscht, und daß diese „leichte Naphtha“ Benzol und Toluol enthält. Bei der hauptsächlich für Zwecke der Beleuchtung von Eisenbahnwagen stattfindenden Verdichtung des Delgases unter 10 Atm. Druck scheidet sich ebenfalls eine Flüssigkeit aus, die nach Armstrong⁴⁾ selten weniger als 50 % Benzol und Toluol enthält. Dagegen scheint der Theer der Delgasfabriken wenigstens häufig ganz benzolfrei zu sein. 100 cbm Delgas nach dem Verfahren von Pintsch sollen 4.5 Lit. Naphtha und 80.2 Lit. Theer als Nebenprodukte liefern. — Neuerdings benutzt man direct Petroleumrückstände als Rohmaterial zur

1) Dingl. p. J. 251. 1884 S. 82.

2) Chemik. Ztg. 7. 1883 S. 1614. — 8. 1884 S. 94. 731. 1397.

3) Die Gewinnung des Theers, Leipzig, Quandt & Händel 1886. S. 28—33.

4) Journ. f. Gasbel. 28. 1885 S. 161.

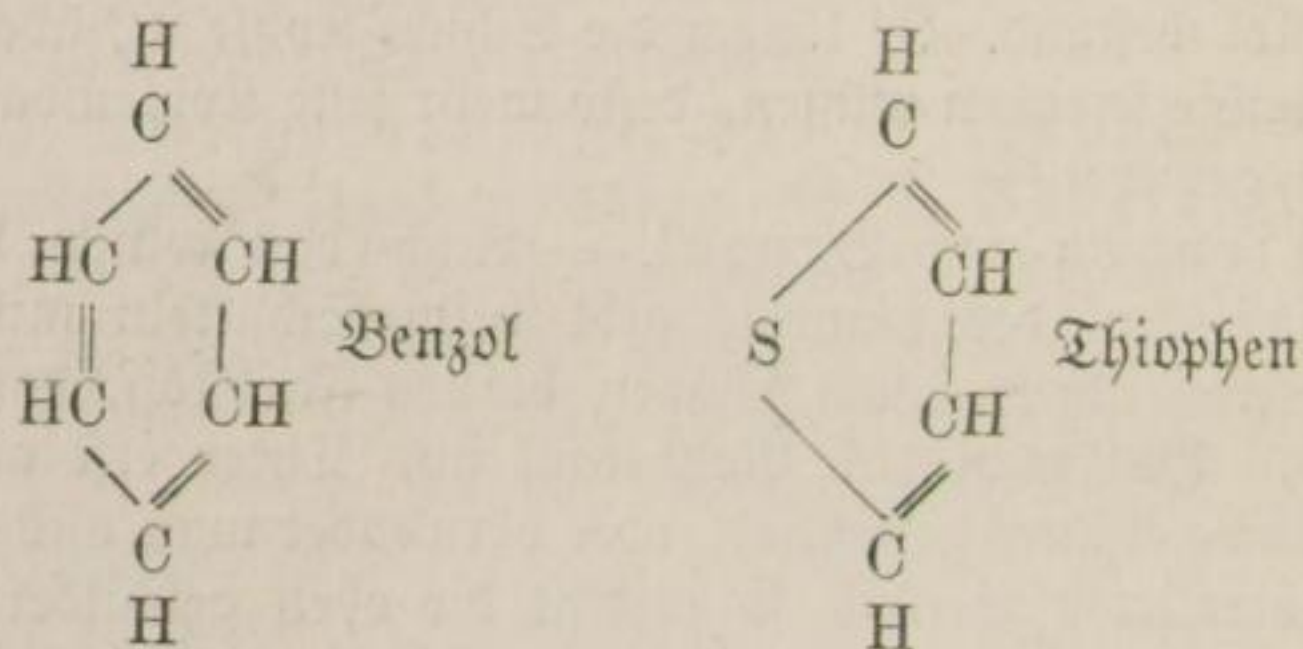
Benzolgewinnung. So will A. Nikiforoff die Rückstände in cylindrischen Retorten langsam zersetzen und so unter 200° siedende Kohlenwasserstoffe in größerem Betrage erzeugen. Durch eine zweite Destillation sollen diese dann in aromatische Kohlenwasserstoffe umgewandelt werden (Engl. P. 10957). F. Glawaty will hoch über 400° erhitzten Wasserdampf in ein ebenso hoch erhitztes Gemisch aus 150 Thl. Petroleumrückständen, 50—60 Thl. Sägespännen und 25 Thl. Alkali einleiten und das entstehende Gemisch von Dämpfen durch rothglühende, mit Eisen und Kohle gefüllte Röhren leiten. Das in einem Kühler verdichtete Destillat enthält Benzol, Toluol, Xylol, Anthracen u. s. w. (D. R.-P. 51553)¹⁾. Uebrigens hat schon 1877 Letny Versuche mit Rückständen des Bakunaphtha gemacht, deren Dämpfe er über rothglühende Holzkohlen leitete. Er erhielt 40 % vom Gewicht des Petroleums an Theer, und zwar gingen unter 200° nur 13.9 % über, die 4.6 % Benzin und 5.2 % Toluol und höhere Homologe enthielten. Außer dem Theer entstand aber auch eine bewegliche Flüssigkeit, die aus Benzol, Toluol und Xylol bestand. Je länger die Schicht Kohle ist, über welche die Dämpfe streichen müssen, desto mehr feste Kohlenwasserstoffe werden gebildet.²⁾

Tiophen im Benzol. — Auch das reinste krystallisirende Benzol des Handels gibt beim Schütteln mit Isatin und Schwefelsäure einen schönen blauen Farbstoff, das Indophenin. Hat man das Rohbenzol aus Theer erst anhaltend mit Schwefelsäure geschüttelt oder verwendet man aus Benzoësäure bereitetes Benzol, so erfolgt die oben geschilderte Reaction nicht mehr. Nach B. Meyer ist die Reaction in einem Gehalte des reinsten Handelsbenzols von 0.5 % Tiophen begründet, welchen Körper man ausscheidet, wenn man das Benzol stundenlang mit concentrirter Schwefelsäure ausschüttelt. Wird die geschwärzte Säureschicht getrennt und das Bleisalz der in ihr enthaltenen Sulfonsäure dargestellt, dieses aber mit $\frac{1}{4}$ feines Gewichts an Salmiak innig vermischt und dann der trocknen Destillation unterworfen, so erhält man ein Destillat, welches reichlich Mercaptan enthält. Das De-

1) Chemif. Ztg. 12. 1888 S. 57. — 14. 1890 S. 639.

2) Gewinnung des Theers S. 9.

stillat wird erst mit Wasser, dann mit Kalilauge ausgeschüttelt, hierauf entwässert und destillirt. Ein leicht flüchtiges Del geht über, welches aus 30% Benzol und 70% Thiophen besteht. Man löst das Del in Ligroin und schüttelt mit concentrirter Schwefelsäure. Ein Theil des Thiophens wird zerstört, der andre geht in die Sulfosäure über; das Benzol bleibt gelöst. Man isolirt die Säureschicht, verwandelt die Sulfosäure in ihr Bleisalz und scheidet aus letzterem das Blei mit Schwefelwasserstoff ab. Die freie Thiophensulfosäure wird der trocknen Destillation unterworfen und liefert hierbei Thiophen C_4H_4S , eine farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit mit $D = 1,062$ bei 23° , welche nur schwachen Geruch besitzt, bei 84° siedet und sich mit Wasser nicht mischt. Von Alkalien und Alkalimetallen wird Thiophen nicht angegriffen, dagegen von Salpetersäure mit größter Hestigkeit oxydirt.¹⁾ Das Thiophen kann als ein Benzol aufgefaßt werden, in welchem ohne wesentliche Aenderung der Eigenschaften des Benzols eine der drei Acetylengruppen ($CH=CH$) durch Schwefel vertreten ist:



Diese Aehnlichkeit zwischen Benzol und Thiophen gehört zu den interessantesten Thatsachen, welche die neuere Forschung auf dem Gebiete der organischen Chemie zu Tage gefördert hat, da sie nicht ein einzeln dastehender Fall ist, sondern eine ganze Anzahl von Verbindungen mit sauerstoff-, stickstoff- oder schwefelhaltigen Kernen existiren, die selbst nicht aromatischer Natur dennoch den aromatischen Verbindungen äußerst ähnlich sind (vergl. Jahrb. 26. 1890. S. 239). G. Ciamician hat die Uebereinstimmung der Eigenschaften speciell von Thiophen und

1) Berl. Ber. 15. 1882 S. 2893. — 16. 1883 S. 1465.

Benzol nachgewiesen¹⁾ und ist daher auf die Aufstellung der obigen Formel gekommen, in welcher der „Tetrolrest“ C_4H_4 genau dieselbe Constitution hat, wie im Benzol. Dies soll die Aehnlichkeiten zwischen beiden Körpern erklären. C. Willgerodt hat übrigens das Benzol auch dadurch thiophenfrei erhalten, daß er in dasselbe bei guter Abkühlung und im Dunklen Chlor einleitete; das Thiophen erleidet hierbei Chlorirung, Benzol nicht, so daß alsdann eine fractionirte Destillation und Entchlorung der bei 85° siedenden Fractionen genügt, um reines Benzol zu erhalten.²⁾ — A. Bidet weist darauf hin, daß die Gelb- bis Rothfärbung, welche aus Benzol dargestellte Derivate oft zeigen, lediglich durch den Thiophengehalt des Benzols veranlaßt sei.³⁾ — Hier sei weiter bemerkt, daß C. Liebermann und A. Schewitz in völlig thiophenfreiem handelsreinem Benzol (Siedepunkt $80 - 82^\circ$) Schwefelkohlenstoff als Verunreinigung aufgefunden haben.⁴⁾ Der mittlere Gehalt betrug $0.2 - 0.3\%$ CS_2 . Als Prüfung auf Schwefelkohlenstoff empfiehlt sich der Zusatz von 4—5 Tropfen Phenylhydrazin zu 10 ccm Benzol. Es entsteht nach 1—1.5 Stunden (bei häufigem Durchschütteln) ein Niederschlag von phenylsulfocarbazinsäurem Phenylhydrazin $C_{13}H_{16}N_4S_2$. Die Reaction gelingt herunter bis zu 0.02% Gehalt. Bei weniger Schwefelkohlenstoff empfiehlt es sich, diesen im Vorlauf zu concentriren und die Probe mit dem Vorlauf auszuführen. Wirkliches Krystallbenzol erwies sich übrigens stets schwefelkohlenstofffrei.

Physikalische Eigenschaften des Benzols. — Nach B. Lachowicz⁵⁾ siedet reines Benzol bei 80.109° unter 752 mm oder (corrigirt) bei 80.39° unter 760 mm Barometerstand. Die Erstarrungstemperatur liegt bei 5.42° , während der Schmelzpunkt des festen Benzols wegen Einmischung von Luftbläschen bei 4.84° liegt. Die Dichte betrug 0.8727 bei 24.27° (corr.).

Isomeres Benzol. Wenn man die Kuperverbindung

1) Berl. Ber. 22. 1889 S. 27.

2) Journ. f. prakt. Ch. (N. F.) 33. 1886 S. 479.

3) Compt. rend. 108. 1889 p. 520.

4) Berl. Ber. 24. 1891 S. 788.

5) Ebenda 21. 1888 S. 2206.

des Acetylen mit alkalischer Ferricyankaliumlösung oxydirt, so geht nach G. Grimer¹⁾ bei darauf folgender Destillation neben Wasser ein Körper C_6H_6 über, welcher bei 64° schmilzt und bei $129-130^\circ$ siedet. Er verhält sich als ungesättigte Verbindung und addirt 4 Atome Brom zu $C_6H_6Br_4$. Vielleicht ist seine Constitution durch die Formel $CH_3 - C \equiv C - C \equiv C - CH_3$ wiederzugeben. W. Louguinine hat die Verbrennungswärme dieses Körpers zu 847384 Cal. bestimmt. Das Dipropargyl besitzt die Verbrennungswärme von 853600 Cal. also fast dieselbe, wie das neue isomere Benzol, während Benzol selbst den Werth 776000 Cal. hat (vergl. übrigens diesen Band Seite 362).

1) Compt. rend. 105. 1887. p. 283. — 106. 1888 p. 1472.

Nekrolog

für das Jahr 1891.

Alphand, Director der städtischen Arbeiten in Paris, um die Umgestaltung und Verschönerung der französischen Hauptstadt verdient, starb am 6. December.

Jacques Armengaud, Ingenieur und ehemals Professor am Conservatoire des arts et métiers, starb im Februar in Paris.

Sir Josef Bazalgette, seit 32 Jahren Oberingenieur des Londoner Bauamtes, Schöpfer des Londoner Abzugscanalsystems, starb in London am 15. März.

Alexander Edmond Becquerel, namhafter Physiker, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, starb 13. Mai, 71 Jahre alt in Paris.

Bernoulli, Gewerberath und Professor der Gewerbehygiene an der techn. Hochschule in Aachen, starb daselbst 19. Febr.

Friedrich Constantin Freiherr v. Beust, k. k. Ministerialrath und Generalinspector a. D. des cisleithan. Berg-, Hütten- und Salinenwesens in Oesterreich, starb den 22. März, 85 Jahre alt, in Torbole am Gardasee.

Pierre Prosper Boileau, Specialist für Hydraulik, lange Zeit Professor an der Applicationschule in Metz, starb 11. September 80 Jahre alt.

Franz Brünow, Astronom, Schüler Ende's, 1847—1851 in Düsseldorf, wo er sein in mehrere Sprachen übersetztes gediegenes „Lehrbuch der sphär. Astronomie“ schrieb, dann in Berlin, Ann Arbor in den Verein. Staaten und Dunsink bei Dublin, starb 20. August, im 69. Lebensjahr in Heidelberg.

Bugslag, Techniker und Schiffszimmermann, der langjährige treue Begleiter des Majors v. Wiszmann, starb in Apenrade in der zweiten Decemberwoche an den Folgen des afrikanischen Klimafiebers, 37 Jahr alt.

Aug. Cahours, Chemiker, Mitglied der Akademie, starb 17. März in Paris.

Philipp Carl, Prof. d. Physik an d. kgl. Militärbildungsanstalten in München, vorher unter Lamont an der Sternwarte und Privatdocent an d. Universität, 1866—1882 Herausgeber des „Reper-

torium d. Experimentalphysik", 1879—80 Redacteur des „Centralblatt f. Elektrotechnik", starb 24. Jan. in München im 54. Lebensjahr.

Philipp Herbert Carpenter, Naturforscher bei den Fahrten des „Lightning" (1868), „Porcupine" (1869/70), „Valorous" (1875), besonders Echinodermenforscher, starb 21. Octbr. in Eton, im 40. Lebensjahr.

Giovanni Caselli, Erfinder des Pantelegraphen, geb. 1815 zu Siena, starb 8. Octbr. in Florenz.

José Maria Latino Coelho, Mineralog, starb 29. Aug. in Cintra, 66 Jahr alt.

Barthélemi Adolph Denvillez, fast 50 Jahre lang Director der Bergwerksschule des Hennegau, Verfasser eines trefflichen *Traité de Ventilation des Mines*, starb 8. Febr. 78 Jahr alt.

John Dixon, Ingenieur u. Wasserbau-Architekt, starb 56 J. alt, in Croydon bei London.

P. M. Duncan, Professor der Geologie am King's College in London, 1876/77 Präsident der Geolog. Gesellschaft, starb 29. Mai im 76. Lebensjahr.

Karl Friedrich Endell, Oberbaudirector für den Hochbau im Ministerium der öffentlichen Arbeiten in Berlin, starb daselbst am 8. März.

Karl Friedrich Euler, namhafter Industrieller, Gründer des Eisenwerks Kaiserslautern (1864) des Vereins „Hütte" und des „Deutschen Ingenieurvereins", dessen Vorsitzender er wiederholt war; verdient um die Reform der Patentgesetzgebung, vom Prinz-Regenten von Bayern 1888 durch Verleihung des Commerciendrathstitels geehrt, starb 27. März in Kaiserslautern im 67. Lebensjahr.

Julius Wilhelm Ewald, Geolog. Mitglied der preuß. Akademie d. Wissenschaften, starb im 81. Lebensjahr 11. Decbr. in Berlin.

Ottokar Feistmantel, Professor der Geologie an der böhm. techn. Hochschule in Prag, 1876—86 Paläontolog bei der geologischen Landesaufnahme von Indien, starb 10. Febr. 43 Jahre alt in Prag.

William Ferrel, Meteorolog, Begründer der wissenschaftl.-dynamischen Meteorologie, Verfasser von *Meteorological Researches* (1879—80): Vol. I. *On the mechanics and general motions of the atmosphere*; Vol. II. *On Cyclones, Tornadoes, and Water-spouts*, starb im Septbr. in Maywood, Kansas.

Theodor Floether, Commerciendrath, hervorragender Industrieller, Begründer der Maschinenbauanstalt zu Gossen in Schlesien, starb daselbst am 6. April.

Moriz Freiberg, Docent der Chemie an der landwirthschaftl. Akademie Poppelsdorf, starb 7. Decbr. in Bonn im 69. Lebensjahr.

Theodor Friedrich, Stadtbaurath in Dresden, starb 28. Aug. 62 Jahr alt.

Ernst Fromm, Commerciendrath, früher Director der Eisenwerksgesellschaft Maximilianshütte in der Oberpfalz, hervorragender Hütten-techniker, starb in Etterzhausen bei Regensburg am 15. April im 63. Lebensjahre.

Gautier, eidgenöss. Oberst, früher Director der Sternwarte in Genf, starb daselbst 69 Jahr alt, 25. Febr.

Georg v. Gizzaci, Professor der Maschinenkunde und Kinematik an der techn. Hochschule in Aachen, starb daselbst 13. Mai.

Herm. Grapow, Geh. Regierungs-Rath, Eisenbahntechniker, starb 70 Jahr alt, 3. Juli in Berlin.

Joseph Grazioli, Regenerator der Seidenzucht in Südtirol, starb 82 Jahr alt, 27. Februar in Villagurdo bei Borgo.

Paul Günther, Privatdocent der Mathematik in Berlin, starb daselbst 27. September 27 Jahr alt.

Gustav Haarmann, langjähriger Director der herzogl. Bau-
gewerkschule in Holzminden, starb daselbst 23. Februar.

Anton, Hanke, k. k. Bergrath, Vorstand des Münz- und Pün-
zirungsamtes in Triest, starb daselbst am 3. December im 51. Lebensjahr.

Theophil Eduard Freiherr v. Hansen, Oberbaurath her-
vorrangender Architect, starb 17. Februar in Wien.

Edmund Hartnack, als Nachfolger Oberhäufers in Paris be-
sonders um Verbesserung der Mikroskope verdient, 1870 aus Paris ver-
trieben, seitdem in Potsdam lebend, starb daselbst 9. Febr. 65 J. alt,
1868 ernannte ihn die Universität Bonn zum Ehrendoctor, 1882 der
Staat zum Professor.

Sir John Hawkshaw, Ingenieur, Erbauer des Severn-
Tunnels, starb 1. Juni in Belgrave Mansion, 81 Jahr alt.

Ludwig Haynald, Cardinal-Erzbischof von Kalocsa, namhafter
Botaniker, Förderer der Astronomie, geb. 1818, starb 4. Juli.

Handes, Baurath in Bremerhafen, Erbauer des Nothefand-
Leuchthurms, starb 16. November 63 Jahr alt.

J. E. Hilgard, Superintendent der Küstenvermessung der Ver-
einigten Staaten von Nordamerika, 7. Januar 1825 in Zweibrücken
in der Pfalz geboren, starb 7. Mai in Washington. Die Kartirung
der früher fast ganz unerforschten Küste des Stillen Oceans ist zum
guten Theil sein Werk.

Herm. Hoffmann, Professor der Botanik in Gießen, starb da-
selbst 26. October 72 Jahr alt.

Carl Hofmann, ungar. erster Chefgeolog. emer. Professor der
Geologie am Joseph-Polytechnikum in Budapest, starb 31. Februar
im 52. Lebensjahr.

Hoppe, Regierungs- und Oberbaurath in Meiningen, starb da-
selbst 9. September.

Hermann Howaldt, Inhaber der weitbekanntesten Erzgießerei in
Braunschweig, starb daselbst am 3. December.

Carlos Ibañez, Marquis von Mulhacen, Divisionsgeneral,
Director des geographischen u. statistischen Bureaus von Spanien, seit
v. Baeyers Tod Präsident der europäischen Erdmessungscommission,
seit 1872 Präsident der internationalen Metercommission, starb 29. Ja-
nuar in Nizza.

L. Just, Professor der Pflanzenphysiologie und Agriculturchemie,
Vorstand des botanisch-agricultur-chemischen Laboratoriums und des
botanischen Gartens an der Technischen Hochschule in Karlsruhe, Groß-
herzogl. Bad. Hofrath, starb 30. August 50 Jahr alt.

Konrad Friedrich August v. Raven, Geh. Regierungsrath,

Professor und Director der technischen Hochschule in Aachen, starb daselbst am 9. Mai.

Alexander Graf Kayserling, 1815 zu Rabillen in Kurland geboren, studirte in Berlin und Göttingen Naturwissenschaften, machte Anfang der 40er Jahre mehrere Expeditionen ins Innere Rußlands, deren Ergebnisse in verschiedenen Werken niedergelegt sind. Seit 1847 lebte Graf K. in Estland als Landwirth und war von 1862—1869 Curator des Dorpater Lehrbezirks. 1890 führte ihn eine Einladung seines einstigen Göttinger Stubengenossen, des Fürsten Bismarck, zu einem mehrwöchigen Besuch desselben nach Friedrichsruh. Starb 20. Mai auf Gut Raikull in Estland.

Killies, Arzt und Naturforscher, seit 1865 Badearzt in Tarasp, lange Jahre Präsident der Naturforsch. Gesellschaft von Graubünden, starb 14. November 64 Jahr alt in Chur.

Benno Klein, Mathematiker, starb 26. März 45 Jahr alt, in Schöneberg bei Berlin.

Wilhelm Knop, Professor der Agriculturchemie an der Universität zu Leipzig, starb daselbst 74 Jahr alt, 28. Januar.

Rodolphe Köppelin, Chemiker, geb. in Colmar 1810, von 1828—1859 Professor der Physik und Naturgeschichte am dortigen College, seit 1871 in Paris, starb daselbst im Juli.

Leo Ferfanowitsch Kostenko, russischer Generalmajor, Chef der asiat. Section des russ. Generalstabs, Verfasser verschiedener geogr. Werke, starb 10. October in St. Petersburg 49 Jahr alt.

Frau Sonja Kowalewski, Prof. der höheren Mathematik an der Universität Stockholm, starb daselbst 10. Februar im 38. Lebensjahr. Frau K. war Verfasserin eines Werks „Zur Theorie der partiellen Differentialgleichungen“ und veröffentlichte außerdem eine Arbeit „Ueber die Fortpflanzung des Lichtes in einem krystallinischen Medium“.

Karl Gustav Kreischer, Bergrath und Professor der Bergbaukunde an der Bergakademie zu Freiberg, starb daselbst am 12. September 58 Jahr alt.

Leopold Kronecker, Professor der Mathematik, Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, starb daselbst 30. December 68 Jahr alt.

Peter Krutizki, Conservator am botanischen Garten der Petersburger Universität, bedeutender Botaniker, starb in der 2. Februarwoche in St. Petersburg.

Lebel, Oberst a. D., Erfinder des nach ihm benannten französ. Gewehrs, geb. 1838, starb 6. Juni in Vitré.

Alfred Constant Hector Ledieu, der französ. Marine attachirt, zuletzt Examiner für Hydraulik, Verfasser eines Werkes über Schiffsmaschinen und, in Verbindung mit Cadiat, eines zweiten über das „Nouveau matériel naval“, starb 17. April in Toulon.

Karl Ritter v. Leimbach, königl. bayer. Oberbaudirector a. D., um Münchens Staats- und Bayerns Kirchenbauten verdienter Architekt, Schüler Fr. v. Gärtners, starb 21. Februar in München.

Otto Hermann Leonhardt, Ingenieur, seit 1887 technischer Hilfsarbeiter beim kaiserl. Patentamt in Berlin, starb 7. Juli 42 Jahr alt.

Nicolaus Herzog von Leuchtenberg, geb. 4. Aug. 1843 in St. Petersburg, Mineralog, seit 1865 Präsident der St. Petersburger kaiserl. mineralog. Gesellschaft, starb 6. Januar in Paris.

Ludwig Lorenz, dänischer Statsrath, Mitglied der Akademie d. Wissensch., Physiker, starb 9. Juni in Kopenhagen 62 Jahr alt.

Karl Löwe, Geh. Oberregierungsath a. D. früher lange Jahre hindurch vortragender Rath in der Forst- und Domänen-Abtheilung des landwirthschaftl. Ministeriums, sowie Mitglied der Hauptverwaltung der Staatsschulden und der Prüfungscommission für Forstassessoren, starb 83 Jahr alt, am 17. Juli in Detmold.

Eduard Lucas, Mathematiker, Verfasser der „Récréations mathématiques“, 2 vol., starb 49 Jahr alt im October in Paris.

Richard Maly, Professor der Chemie an der Deutschen Universität in Prag, starb daselbst 24. März, 52 Jahr alt.

C. J. Maximowitsch, Director des botanischen Museums in St. Petersburg, Mitglied der Akad. d. Wissensch., geb. 1827 in Tula, starb 11./23. November.

F. Muck, Leiter des chemischen Laboratoriums der Berggewerkschaftscaffe in Bochum, starb daselbst am 23. Januar.

Rev. Perry W. Myles, Botaniker, starb 42 Jahr alt, 2. October in Galing.

Karl Wilhelm v. Nägeli, kgl. bayerischer Hofrath, einer der scharfsinnigsten und bedeutendsten Naturforscher und speciell Botaniker, geb. 1817 zu Kilchberg bei Zürich starb, nachdem er wenige Tage zuvor die Feier seiner 50jährigen Doctorpromotion begangen hatte, am 10. Mai in München. N., der bis 1857 Professor der Botanik an der Universität Zürich war, wurde in demselben Jahre als Nachfolger des in den Ruhestand getretenen Hofrath v. Martius als Professor, Conservator der botanischen Sammlungen und Vorstand des botanischen Gartens nach München berufen, in welchen Stellungen er unermülich und mit großem Erfolge wirkte, bis er 1886 zuerst das Lehramt und dann 1888 auch die andern Aemter niederlegte. N. leistete besonders Hervorragendes auf den Gebieten der Morphologie und Physiologie und der Spaltpilze und Bakterien und bereicherte die botanische Literatur durch eine Reihe bedeutender Werke, unter denen hier „Das Mikroskop“ (in Gemeinschaft mit seinen Assistenten Dr. Schwendener), 2. Auflage 1877, die „Cirsien der Schweiz“ 1841, die „Hierazien Mitteleuropas“ (mit Prof. Dr. Peter in Göttingen) 1885 und folgende Jahre genannt seien; in den letzten Jahren bis zu seinem Tode war N. mit Arbeiten über die zahllosen Abarten der Alpenprimeln beschäftigt.

Gustav Ratorp, Generalsecretär des Vereins für die bergbau-lichen Interessen des Oberbergamtsbezirks Dortmund, geb. 1824 zu Essen, starb daselbst am 13. Januar.

Arthur Ostendorff, Maschinenbau-Ingenieur, Director der Uniongießerei in Königsberg, starb 24. August 41 Jahr alt.

Dr. Nikolaus August Otto, Ingenieur von hervorragendem Verdienst um Erfindung, Bervollkommnung und Einführung der Gas-kraftmaschine, starb 18. Januar in Köln, 58 Jahr alt.

August von Pelzeln, Ornitholog, ehemals Cusus am natur-

historischen Museum in Wien, starb 2. September in Oberdoebbling bei Wien.

Carl Pestalozzi, Professor der Ingenieurwissenschaften am schweizer. Polytechnikum in Zürich, starb daselbst 4. Januar.

David Peters, Commercierrath in Nevißes, Kreis Elberfeld, hervorragender Industrieller, starb am 4. Februar im 54. Lebensjahr.

Eduard Pehold, hervorragender Landschaftsgärtner, geb. 1815, starb im August in Blasewitz bei Dresden.

R. R. Pogson, Astronom, starb 23. Juni in Madras.

Dr. Jacob Eduard Polack, ehemals Leibarzt des Schahs von Persien, um die geographische Erforschung Persiens verdient, starb in Wien, 71 Jahr alt, den 8. October.

Cecilio Pujazon, Director der Marine-Sternwarte von San Fernando bei Cadix, starb 15. April im 57. Jahr.

Johann Zacharias Quast, Glas- und Porcellanmaler von Ruz, geb. 23. October 1814, starb 8. August in Bisel in Böhmen im 77. Lebensjahr.

Max Quedenfeldt, Entomolog, geb. 13. Juli 1851 in Groß-Glogau, 1870 Dragoneroffizier, dann, nach dem Ausscheiden aus dem activen Militär auf Forschungsreisen in den Mittelmeerländern, canar. Inseln u. s. w., starb 10. September in Berlin.

Sir Andrew Crombie Ramsay, früher Generaldirector der britischen geolog. Landesaufnahme, starb 12. December in Beaumaris 77 Jahr alt.

Eduard Reichardt, Professor, Vorstand des agrifulturchemischen Laboratoriums in Jena, starb daselbst 64 Jahr alt in der Nacht zum 26. October.

Friedrich Eduard v. Reusch, früher Professor an der Universität Tübingen, an der er 33 Jahre den Lehrstuhl der Physik inne hatte, starb in Stuttgart in der zweiten Hälfte des Juli, 80 Jahr alt.

Rob. Friedr. Rhien, Baurath, früher Director der Bauwerkenschule in Mienburg, starb 80 Jahr alt, 25. Jan. in Hannover.

Victor v. Richter, Professor der Chemie an der Universität Breslau, starb 8. October 50 Jahr alt.

Ignaz Rojacher, Bergwerksbesitzer, Schöpfer der meteorolog. Station auf dem Sonnblick, starb 4. Januar in Lauris.

Ferdinand Römer, Geh. Bergrath, Professor der Mineralogie in Breslau, starb 14. December

Adolf v. Salis, eidgenössischer Oberbauinspector, starb 5. Mai, 72 Jahr alt in Chur.

Konrad Schember, namhafter österreichischer Industrieller, starb in Wien am 2. Februar 80 Jahr alt.

August Schenk, Professor der Botanik, Director des botan. Gartens der Universität Leipzig, geb. 1815, starb 30. März.

Friedrich Freiherr v. Schmidt, hervorragender Architekt, früher Dombaumeister in Köln, dann in Wien, Erbauer des dortigen Rathhauses, starb daselbst 23. Januar.

Richard Schomburgk, Director des botanischen Gartens in Adelaide, geb. 1811, starb 24. März.

Eduard Schönfeld, Geh. Regierungsrath, Professor der Astronomie und Director der Sternwarte in Bonn, starb daselbst 1. Mai.

Eduard Seidel, Obstindustrieller zu Grünberg in Schlesien, Schöpfer der dort. Obstindustrie und des Weintraubensendts, starb 7. October.

Willoughby Smith, namhafter Elektriker, besonders verdient um die Herstellung der unterseeischen Kabel, die Verbesserung der Kabel-fabrikation und der Messungsmethoden, geb. 1828, starb 7. Juli in Eastbourne. Als der Great Eastern 1866 das erste transatlantische Kabel legte, welches sich bewährte, war S. der dirigirende Elektriker an Bord des Schiffes. Seine Erfahrungen hat er in dem erst kürzlich erschienenen Werke „Rise and Extension of Submarine Telegraphy“ niedergelegt.

Thomas Stanek, Professor der Physik an der Universität Lemberg, starb am 9. Januar.

J. S. Stas, berühmter Chemiker, Mitglied der belg. Akademie der Wissenschaften, Verfasser des klassischen Werkes „Untersuchungen über die Geseze der chemischen Proportionen, über die Atomgewichte und ihre gegenseitigen Verhältnisse“ (1866), starb 14. December zu Brüssel, 78 Jahr alt.

Rudolf Staudigl, Professor der darstellenden Geometrie an der technischen Hochschule in Wien, starb daselbst 22. Febr., 52 Jahr alt.

Friedrich Ludwig Stegmann, Professor der Mathematik in Marburg, starb 7. Juni im 78. Lebensjahr.

S. Th. Stein, Schriftsteller auf dem Gebiete der Medicin und Naturwissenschaft, starb 52 Jahr alt, 27. Septbr. in Frankfurt a. M.

Gov. Abate Antonio Stoppani, Professor der Geologie an der technischen Hochschule in Mailand, starb 1. Januar, 68 Jahr alt.

Wilhelm Eduard Weber, Wirkl. Geheimrath, Professor an der Universität Göttingen, Senior der lebenden deutschen Physiker, Führer und Bahnbrecher in der Physik, geb. 24. October 1804, starb nach 60 jähriger akademischer Thätigkeit am 23. Juni in Göttingen. Von seinen zahlreichen grundlegenden Arbeiten seien hier nur genannt: Die Lehre von der Wellenbewegung elastischer Flüssigkeiten, (in Gemeinschaft mit seinem ältern Bruder Ernst Heinrich Weber), die Lehre vom Erdmagnetismus (in Verbindung mit Gauß), die Erfindung des elektromagnetischen Telegraphen, elektrodynamische Maaßbestimmungen, Grundlegung zum absoluten Maaßsystem (1840 mit Gauß). Wurde 1837 als einer der „Göttinger Sieben“ seines Amtes entsetzt, kehrte aber 1849 auf den Göttinger Lehrstuhl zurück.

Karl Wehrauch, Professor der physikalischen Geographie und Meteorologie in Dorpat, starb 19. Januar.

Gustav Adolf Weiß, Professor der Botanik und Vorstand des pflanzenphysiologischen Instituts der Universität Prag, geb. 1837, starb im August.

Rudolf Werner, Professor des Maschinenbaus an der techn. Hochschule in Darmstadt, starb 1. März.

Alexander Winchell, Professor der Geologie an der Vanderbilt-Universität, starb zu Ann Arbor 19. Februar.

Charles Smith Wilkinson, Staatsgeolog von Neu-Süd-wales, starb 26. August 47 Jahr alt.

Nicolaus Jbl, hervorragender ungarischer Architekt, starb in Budapest am 22. Januar, 76 Jahr alt.

Arnold v. Zenetti, städtischer Oberbaurath in München, starb daselbst 1. September.

Zingg, Director der Gotthardbahn, starb 19. Januar in Locarno.

Ludwig Ritter v. Zetzl, k. k. Oberbaurath, Erbauer des Rudolfs-Spitals in Wien, starb daselbst in der Nacht zum 14. April im 69. Lebensjahr.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

Technol. A.

