

Jahrbuch
der
Erfindungen.

Herausgegeben von

H. Bretschel und G. Wunder.

~~~~~  
Achtzehnter Jahrgang.



Mit 54 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Leipzig  
Verlag von Quandt & Händel.  
1882.





# Jahrbuch

der

# Erfindungen

und

Fortschritte auf den Gebieten

der

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

Herausgegeben von

Bergrath Dr. H. Gretschel, und Reg.-Rath Dr. G. Wunder,  
Professor an der Königl. Berg-  
akademie in Freiberg. Director der Techn. Staatslehr-  
anstalten in Chemnitz.

Achtzehnter Jahrgang.



Mit 54 Holzschnitten im Text.

Leipzig

Berlag von Quandt & Händel.

1882.

\*3126

Verzeichnis

der

Handschriften

der

Landesbibliothek

in Dresden

Verzeichnis



in Dresden

Sächsische  
Landesbibliothek  
Dresden

1882

# Inhaltsübersicht.

## Astronomie.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Neue Sternwarten: Die Sternwarte zu Straßburg 3. — Baron v. Engelhardt's Sternwarte in Dresden 13. — Sternwarte in Bamberg 14. — Sternwarte in Kalocsa 14. — Neue Sternwarte in Belgien 15. — Die neue Sternwarte bei Nizza 15. — Der neue Refraktor von Pulkowa 16. — Lid's Sternwarte auf Mount Hamilton, Californien 20. — Die Sternwarte in Chapultepec, Mexiko . . . . . | 26    |
| Die Sonne . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 27    |
| Parallaxe 27. — Spektroskop. Arbeiten 30. — Sonnenflecke und Protuberanzen 38. — Siemens, über die Erhaltung der Energie der Sonne . . . . .                                                                                                                                                                                                                                  | 41    |
| Planeten und Monde . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 48    |
| Mond der Erde: Scheinbare Größe des Durchmessers 48. — Veränderungen auf der Mondoberfläche 50. — Vulkanische Formationen auf dem Monde 51. — Mars: Schiaparelli's neue Karte 57; Marsmonde 62. — Planetoiden 63. — Jupiter: Masse des J. 63; Rotationsdauer des J. 66; Physische Konstitution des J. 69; Jupitersmonde 70. — Monde des Saturn, Uranus und Neptun . . . . .   | 71    |
| Kometen . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 71    |
| Komet I von 1881, 71. — Komet II, 72. — Komet III, 72. Komet IV, 81. — Komet V, 83. — Komet VI, 84. — Komet VII, 84. — Komet VIII, 86. — Komet g 1880, 86. — Der Olbers'sche Komet . . . . .                                                                                                                                                                                  | 87    |
| Fixsterne . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 88    |
| Älteste Tagesbeobachtungen von Sternen 88. — Veränderliche Sterne 89. — Farbenwechsel des Sternes $\alpha$ im Großen Bären 91. — Fixsternbewegung 92. — Doppelsterne 94. — Nebel . . . . .                                                                                                                                                                                    | 99    |

## Physik und Meteorologie.

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Akustik . . . . .                                                                                                                                             | 101 |
| Maß der Schallstärke 101. — Neue akustische Apparate von Weigle 108. — Der Glossograph von Gentilli 112. — Stöße und Stoßtöne 124. — Die Klangfarbe . . . . . | 135 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Optik . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 143   |
| Anwendung der Augenblicksphotographie auf die Analyse der Bewegung der Thiere 143. — Phosphorescenz . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 151   |
| Wärmelehre . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 156   |
| Ausdehnung der Körper durch die Wärme . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 156   |
| Thermometrie . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 164   |
| Bestimmung der Fixpunkte v. Quecksilberthermometern 164. — Quecksilber-Maximum- und Minimumthermometer von Spitta 168. — Maximum- und Minimumthermometer von Greiner u. Co. 169. — Thermoelektrischer Apparat von Siemens u. Halske 169. — Elektr. Thermometer von Brown 170. — Thermograph von Eldridge 171. — Thermograph von Adams 172. — Thalpotasimeter von Seyffert 173. — Luftthermometer von Pettersson 174. — Bolometer von Langley . . . . . | 177   |
| Elektricität und Magnetismus . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 179   |
| Erregung und Ansammlung der Elektricität . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 179   |
| Jedlik's Elektricitätsrecipienten 179. — Gaiffe's Kupfervitriolbatterien 180. — Neue Tauchbatterien 181. — Anderson's Batterie 183. — Leclanché's Element 185. — Tommasi's Batterie 188. — Pulvermacher's Taschenkette 189. — Winkelzellenbatterie von Reiningcr 190. — Sekundärbatterien . . . . .                                                                                                                                                    | 192   |
| Elektrische Eigenschaften des Indiums . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 199   |
| Dynamoelektrische Maschinen . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 203   |
| Elektrische Beleuchtung . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 214   |
| Geschichtliches 214. — Regulatorlampen 216. — Siemens u. Halske's Differentillampe 223. — Brush's Lampe 224. — Die elektrischen Kerzen 226. — Die „Lampe-Soleil“ 226. — Die Glühlichtlampen 228. (Erste Versuche von de Moles, Grove, Draper, Jobart, De Changy 249; Starr's Lampe von 1846, 231.) Lodygin's Lampe 231. — Swan's Lampe 232. — Lampe von Lane-Fox 233. — Maxim's Lampe 234. — Edison's Lampen 237. — Glühlampe von Böhm . . . . .       | 245   |
| Telephon und Mikrophon . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 248   |
| Böttcher's Telephon 248. — Telephon von Königslieb 250. — Russell's Telephon 250. — van Kyffelberghe's Telephon 251. — Die Fernsprechvermittlungsanstalten . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 253   |
| Feststellung der praktischen elektrischen Einheiten . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 256   |
| Hydrodynamische Analogien der elektrischen und magnetischen Erscheinungen . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 260   |

### Chemie und chemische Technologie.

|                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften chemischer Verbindungen von der Zusammensetzung derselben . . . . . | 270 |
| Thorpe's Untersuchungen über Dichte u. specifisch. Volumen 271. — Ramsay's u. Schiff's Verfahren zur Bestimmung des   |     |

specifischen Gewichtes flüssiger Verbindungen beim Siedepunkte derselben 274. — Schiff's Beobachtungen über das Atomvolum des Kohlenstoffs und Wasserstoffs 277. — Schröder's Sterengesetz 277. — Brühl's Untersuchungen über die Dichte flüssiger organischer Verbindungen 279. — F. Krafft's Volumengesetz für den tropfbar flüssigen Zustand 279. — Carnelly's Untersuchungen über die Abhängigkeit des Schmelzpunktes von der Atomanordnung 288. — Krafft's Beobachtungen über denselben Gegenstand 289. — Die Relationen zwischen chemischer Konstitution und dem Lichtbrechungsvermögen nach Landolt und Brühl; Molekular- und Atomrefraktion 290. — Beziehungen zwischen Lichtbrechungsvermögen, Dichte und Siedepunkt nach Brühl 318. — Schröder's Ansichten über den Parallelismus zwischen Molekularrefraktion und specifisch. Volumen 319. — Th. Thomsen's Beobachtungen über die Abhängigkeit des optischen Drehungsvermögens von der Atomanordnung 321. — Landolt's Ansichten bezüglich der Beobachtungen Th. Thomsen's 322. — Abhängigkeit der Fluoreszenzerscheinungen von der Konstitution der Verbindungen nach Liebermann 322. — Einfluß der chemischen Konstitution auf die Farbe der Körper nach Witt 323. — Beziehungen zwischen der Zähigkeit der Körper u. der chem. Konstit. nach Guerout, Przibram u. Handl, Brühl 324. — Zusammenhang zwischen Bildungswärme und chemischer Konstitution 326. — Brühl's Beobachtungen über die Beziehungen zwischen Verbrennungswärme u. Lichtbrechungsvermögen und Mittheilungen über das Wesen der sogenannten Doppelbindung der Kohlenstoffatome 326. — S. Thomsen's und Wiedemann's Ansichten zu den Beobachtungen Brühl's über den Zusammenhang zwischen Verbrennungswärme und Lichtbrechungsvermögen 330. — Die auf Grund der Lorenz'schen Formel nach Landolt sich ergebenden Werthe der Atomrefractionen . . . . . 331

Die Elemente und einige Verbindungen derselben . . . . . 332

Sauerstoff: Gewinnung dess. aus atmosphär. Luft 332. — Verdichtung des Ozons 334. — Traube's Ansichten über die Aktivierung des Sauerstoffs 334. — Bildung des Wasserstoffsuperoxyds bei der Oxydation von Terpenen nach Radulowitsch . . . . . 340

Chlor: Gewinnung von Chlor aus Chlormagnesium nach Townsend 341. — Gewinnung von Salzsäure aus Chlorcalcium nach Solway 341. — Beobachtungen von Enz hierüber 342. — Nichtexistenz des Chlortrioxyds 342. — Darstellung chlorsaurer Salze nach Pechiney . . . . . 342

Jod: Gewinnung von Jodkalium aus Varec nach Allary und Pellieux 343. — Die Bildung des Phosphoniumjodids . . . . . 344

Fluor: Ueber das Auftreten freien Fluors im Flußspath von Wölsendorf nach Löw 345. — Das Verhalten des Cerfluor-

Inhaltsverzeichnis

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| 1. Einleitung               | 1      |
| 2. Die Geschichte der Stadt | 15     |
| 3. Die Bevölkerung          | 35     |
| 4. Die Wirtschaft           | 55     |
| 5. Die Kultur               | 75     |
| 6. Die Politik              | 95     |
| 7. Die Verwaltung           | 115    |
| 8. Die Justiz               | 135    |
| 9. Die Finanzen             | 155    |
| 10. Die Steuern             | 175    |
| 11. Die Zölle               | 195    |
| 12. Die Münzen              | 215    |
| 13. Die Maße                | 235    |
| 14. Die Gewichte            | 255    |
| 15. Die Längen              | 275    |
| 16. Die Breiten             | 295    |
| 17. Die Höhen               | 315    |
| 18. Die Temperaturen        | 335    |
| 19. Die Niederschläge       | 355    |
| 20. Die Winde               | 375    |
| 21. Die Luftdruck           | 395    |
| 22. Die Feuchtigkeit        | 415    |
| 23. Die Sichtweite          | 435    |
| 24. Die Luftschicht         | 455    |
| 25. Die Luftströmung        | 475    |
| 26. Die Lufttemperatur      | 495    |
| 27. Die Luftfeuchtigkeit    | 515    |
| 28. Die Luftdruck           | 535    |
| 29. Die Sichtweite          | 555    |
| 30. Die Luftschicht         | 575    |
| 31. Die Luftströmung        | 595    |
| 32. Die Lufttemperatur      | 615    |
| 33. Die Luftfeuchtigkeit    | 635    |
| 34. Die Luftdruck           | 655    |
| 35. Die Sichtweite          | 675    |
| 36. Die Luftschicht         | 695    |
| 37. Die Luftströmung        | 715    |
| 38. Die Lufttemperatur      | 735    |
| 39. Die Luftfeuchtigkeit    | 755    |
| 40. Die Luftdruck           | 775    |
| 41. Die Sichtweite          | 795    |
| 42. Die Luftschicht         | 815    |
| 43. Die Luftströmung        | 835    |
| 44. Die Lufttemperatur      | 855    |
| 45. Die Luftfeuchtigkeit    | 875    |
| 46. Die Luftdruck           | 895    |
| 47. Die Sichtweite          | 915    |
| 48. Die Luftschicht         | 935    |
| 49. Die Luftströmung        | 955    |
| 50. Die Lufttemperatur      | 975    |
| 51. Die Luftfeuchtigkeit    | 995    |
| 52. Die Luftdruck           | 1015   |
| 53. Die Sichtweite          | 1035   |
| 54. Die Luftschicht         | 1055   |
| 55. Die Luftströmung        | 1075   |
| 56. Die Lufttemperatur      | 1095   |
| 57. Die Luftfeuchtigkeit    | 1115   |
| 58. Die Luftdruck           | 1135   |
| 59. Die Sichtweite          | 1155   |
| 60. Die Luftschicht         | 1175   |
| 61. Die Luftströmung        | 1195   |
| 62. Die Lufttemperatur      | 1215   |
| 63. Die Luftfeuchtigkeit    | 1235   |
| 64. Die Luftdruck           | 1255   |
| 65. Die Sichtweite          | 1275   |
| 66. Die Luftschicht         | 1295   |
| 67. Die Luftströmung        | 1315   |
| 68. Die Lufttemperatur      | 1335   |
| 69. Die Luftfeuchtigkeit    | 1355   |
| 70. Die Luftdruck           | 1375   |
| 71. Die Sichtweite          | 1395   |
| 72. Die Luftschicht         | 1415   |
| 73. Die Luftströmung        | 1435   |
| 74. Die Lufttemperatur      | 1455   |
| 75. Die Luftfeuchtigkeit    | 1475   |
| 76. Die Luftdruck           | 1495   |
| 77. Die Sichtweite          | 1515   |
| 78. Die Luftschicht         | 1535   |
| 79. Die Luftströmung        | 1555   |
| 80. Die Lufttemperatur      | 1575   |
| 81. Die Luftfeuchtigkeit    | 1595   |
| 82. Die Luftdruck           | 1615   |
| 83. Die Sichtweite          | 1635   |
| 84. Die Luftschicht         | 1655   |
| 85. Die Luftströmung        | 1675   |
| 86. Die Lufttemperatur      | 1695   |
| 87. Die Luftfeuchtigkeit    | 1715   |
| 88. Die Luftdruck           | 1735   |
| 89. Die Sichtweite          | 1755   |
| 90. Die Luftschicht         | 1775   |
| 91. Die Luftströmung        | 1795   |
| 92. Die Lufttemperatur      | 1815   |
| 93. Die Luftfeuchtigkeit    | 1835   |
| 94. Die Luftdruck           | 1855   |
| 95. Die Sichtweite          | 1875   |
| 96. Die Luftschicht         | 1895   |
| 97. Die Luftströmung        | 1915   |
| 98. Die Lufttemperatur      | 1935   |
| 99. Die Luftfeuchtigkeit    | 1955   |
| 100. Die Luftdruck          | 1975   |
| 101. Die Sichtweite         | 1995   |
| 102. Die Luftschicht        | 2015   |
| 103. Die Luftströmung       | 2035   |
| 104. Die Lufttemperatur     | 2055   |
| 105. Die Luftfeuchtigkeit   | 2075   |
| 106. Die Luftdruck          | 2095   |
| 107. Die Sichtweite         | 2115   |
| 108. Die Luftschicht        | 2135   |
| 109. Die Luftströmung       | 2155   |
| 110. Die Lufttemperatur     | 2175   |
| 111. Die Luftfeuchtigkeit   | 2195   |
| 112. Die Luftdruck          | 2215   |
| 113. Die Sichtweite         | 2235   |
| 114. Die Luftschicht        | 2255   |
| 115. Die Luftströmung       | 2275   |
| 116. Die Lufttemperatur     | 2295   |
| 117. Die Luftfeuchtigkeit   | 2315   |
| 118. Die Luftdruck          | 2335   |
| 119. Die Sichtweite         | 2355   |
| 120. Die Luftschicht        | 2375   |
| 121. Die Luftströmung       | 2395   |
| 122. Die Lufttemperatur     | 2415   |
| 123. Die Luftfeuchtigkeit   | 2435   |
| 124. Die Luftdruck          | 2455   |
| 125. Die Sichtweite         | 2475   |
| 126. Die Luftschicht        | 2495   |
| 127. Die Luftströmung       | 2515   |
| 128. Die Lufttemperatur     | 2535   |
| 129. Die Luftfeuchtigkeit   | 2555   |
| 130. Die Luftdruck          | 2575   |
| 131. Die Sichtweite         | 2595   |
| 132. Die Luftschicht        | 2615   |
| 133. Die Luftströmung       | 2635   |
| 134. Die Lufttemperatur     | 2655   |
| 135. Die Luftfeuchtigkeit   | 2675   |
| 136. Die Luftdruck          | 2695   |
| 137. Die Sichtweite         | 2715   |
| 138. Die Luftschicht        | 2735   |
| 139. Die Luftströmung       | 2755   |
| 140. Die Lufttemperatur     | 2775   |
| 141. Die Luftfeuchtigkeit   | 2795   |
| 142. Die Luftdruck          | 2815   |
| 143. Die Sichtweite         | 2835   |
| 144. Die Luftschicht        | 2855   |
| 145. Die Luftströmung       | 2875   |
| 146. Die Lufttemperatur     | 2895   |
| 147. Die Luftfeuchtigkeit   | 2915   |
| 148. Die Luftdruck          | 2935   |
| 149. Die Sichtweite         | 2955   |
| 150. Die Luftschicht        | 2975   |
| 151. Die Luftströmung       | 2995   |
| 152. Die Lufttemperatur     | 3015   |
| 153. Die Luftfeuchtigkeit   | 3035   |
| 154. Die Luftdruck          | 3055   |
| 155. Die Sichtweite         | 3075   |
| 156. Die Luftschicht        | 3095   |
| 157. Die Luftströmung       | 3115   |
| 158. Die Lufttemperatur     | 3135   |
| 159. Die Luftfeuchtigkeit   | 3155   |
| 160. Die Luftdruck          | 3175   |
| 161. Die Sichtweite         | 3195   |
| 162. Die Luftschicht        | 3215   |
| 163. Die Luftströmung       | 3235   |
| 164. Die Lufttemperatur     | 3255   |
| 165. Die Luftfeuchtigkeit   | 3275   |
| 166. Die Luftdruck          | 3295   |
| 167. Die Sichtweite         | 3315   |
| 168. Die Luftschicht        | 3335   |
| 169. Die Luftströmung       | 3355   |
| 170. Die Lufttemperatur     | 3375   |
| 171. Die Luftfeuchtigkeit   | 3395   |
| 172. Die Luftdruck          | 3415   |
| 173. Die Sichtweite         | 3435   |
| 174. Die Luftschicht        | 3455   |
| 175. Die Luftströmung       | 3475   |
| 176. Die Lufttemperatur     | 3495   |
| 177. Die Luftfeuchtigkeit   | 3515   |
| 178. Die Luftdruck          | 3535   |
| 179. Die Sichtweite         | 3555   |
| 180. Die Luftschicht        | 3575   |
| 181. Die Luftströmung       | 3595   |
| 182. Die Lufttemperatur     | 3615   |
| 183. Die Luftfeuchtigkeit   | 3635   |
| 184. Die Luftdruck          | 3655   |
| 185. Die Sichtweite         | 3675   |
| 186. Die Luftschicht        | 3695   |
| 187. Die Luftströmung       | 3715   |
| 188. Die Lufttemperatur     | 3735   |
| 189. Die Luftfeuchtigkeit   | 3755   |
| 190. Die Luftdruck          | 3775   |
| 191. Die Sichtweite         | 3795   |
| 192. Die Luftschicht        | 3815   |
| 193. Die Luftströmung       | 3835   |
| 194. Die Lufttemperatur     | 3855   |
| 195. Die Luftfeuchtigkeit   | 3875   |
| 196. Die Luftdruck          | 3895   |
| 197. Die Sichtweite         | 3915   |
| 198. Die Luftschicht        | 3935   |
| 199. Die Luftströmung       | 3955   |
| 200. Die Lufttemperatur     | 3975   |
| 201. Die Luftfeuchtigkeit   | 3995   |
| 202. Die Luftdruck          | 4015   |
| 203. Die Sichtweite         | 4035   |
| 204. Die Luftschicht        | 4055   |
| 205. Die Luftströmung       | 4075   |
| 206. Die Lufttemperatur     | 4095   |
| 207. Die Luftfeuchtigkeit   | 4115   |
| 208. Die Luftdruck          | 4135   |
| 209. Die Sichtweite         | 4155   |
| 210. Die Luftschicht        | 4175   |
| 211. Die Luftströmung       | 4195   |
| 212. Die Lufttemperatur     | 4215   |
| 213. Die Luftfeuchtigkeit   | 4235   |
| 214. Die Luftdruck          | 4255   |
| 215. Die Sichtweite         | 4275   |
| 216. Die Luftschicht        | 4295   |
| 217. Die Luftströmung       | 4315   |
| 218. Die Lufttemperatur     | 4335   |
| 219. Die Luftfeuchtigkeit   | 4355   |
| 220. Die Luftdruck          | 4375   |
| 221. Die Sichtweite         | 4395   |
| 222. Die Luftschicht        | 4415   |
| 223. Die Luftströmung       | 4435   |
| 224. Die Lufttemperatur     | 4455   |
| 225. Die Luftfeuchtigkeit   | 4475   |
| 226. Die Luftdruck          | 4495   |
| 227. Die Sichtweite         | 4515   |
| 228. Die Luftschicht        | 4535   |
| 229. Die Luftströmung       | 4555   |
| 230. Die Lufttemperatur     | 4575   |
| 231. Die Luftfeuchtigkeit   | 4595   |
| 232. Die Luftdruck          | 4615   |
| 233. Die Sichtweite         | 4635   |
| 234. Die Luftschicht        | 4655   |
| 235. Die Luftströmung       | 4675   |
| 236. Die Lufttemperatur     | 4695   |
| 237. Die Luftfeuchtigkeit   | 4715   |
| 238. Die Luftdruck          | 4735   |
| 239. Die Sichtweite         | 4755   |
| 240. Die Luftschicht        | 4775   |
| 241. Die Luftströmung       | 4795   |
| 242. Die Lufttemperatur     | 4815   |
| 243. Die Luftfeuchtigkeit   | 4835   |
| 244. Die Luftdruck          | 4855   |
| 245. Die Sichtweite         | 4875   |
| 246. Die Luftschicht        | 4895   |
| 247. Die Luftströmung       | 4915   |
| 248. Die Lufttemperatur     | 4935   |
| 249. Die Luftfeuchtigkeit   | 4955   |
| 250. Die Luftdruck          | 4975   |
| 251. Die Sichtweite         | 4995   |
| 252. Die Luftschicht        | 5015   |
| 253. Die Luftströmung       | 5035   |
| 254. Die Lufttemperatur     | 5055   |
| 255. Die Luftfeuchtigkeit   | 5075   |
| 256. Die Luftdruck          | 5095   |
| 257. Die Sichtweite         | 5115   |
| 258. Die Luftschicht        | 5135   |
| 259. Die Luftströmung       | 5155   |
| 260. Die Lufttemperatur     | 5175   |
| 261. Die Luftfeuchtigkeit   | 5195   |
| 262. Die Luftdruck          | 5215   |
| 263. Die Sichtweite         | 5235   |
| 264. Die Luftschicht        | 5255   |
| 265. Die Luftströmung       | 5275   |
| 266. Die Lufttemperatur     | 5295   |
| 267. Die Luftfeuchtigkeit   | 5315   |
| 268. Die Luftdruck          | 5335   |
| 269. Die Sichtweite         | 5355   |
| 270. Die Luftschicht        | 5375   |
| 271. Die Luftströmung       | 5395   |
| 272. Die Lufttemperatur     | 5415   |
| 273. Die Luftfeuchtigkeit   | 5435   |
| 274. Die Luftdruck          | 5455   |
| 275. Die Sichtweite         | 5475   |
| 276. Die Luftschicht        | 5495   |
| 277. Die Luftströmung       | 5515   |
| 278. Die Lufttemperatur     | 5535   |
| 279. Die Luftfeuchtigkeit   | 5555   |
| 280. Die Luftdruck          | 5575   |
| 281. Die Sichtweite         | 5595   |
| 282. Die Luftschicht        | 5615   |
| 283. Die Luftströmung       | 5635   |
| 284. Die Lufttemperatur     | 5655   |
| 285. Die Luftfeuchtigkeit   | 5675   |
| 286. Die Luftdruck          | 5695   |
| 287. Die Sichtweite         | 5715   |
| 288. Die Luftschicht        | 5735   |
| 289. Die Luftströmung       | 5755   |
| 290. Die Lufttemperatur     | 5775   |
| 291. Die Luftfeuchtigkeit   | 5795   |
| 292. Die Luftdruck          | 5815   |
| 293. Die Sichtweite         | 5835   |
| 294. Die Luftschicht        | 5855   |
| 295. Die Luftströmung       | 5875   |
| 296. Die Lufttemperatur     | 5895   |
| 297. Die Luftfeuchtigkeit   | 5915   |
| 298. Die Luftdruck          | 5935   |
| 299. Die Sichtweite         | 5955   |
| 300. Die Luftschicht        | 5975   |
| 301. Die Luftströmung       | 5995   |
| 302. Die Lufttemperatur     | 6015   |
| 303. Die Luftfeuchtigkeit   | 6035   |
| 304. Die Luftdruck          | 6055   |
| 305. Die Sichtweite         | 6075   |
| 306. Die Luftschicht        | 6095   |
| 307. Die Luftströmung       | 6115   |
| 308. Die Lufttemperatur     | 6135   |
| 309. Die Luftfeuchtigkeit   | 6155   |
| 310. Die Luftdruck          | 6175   |
| 311. Die Sichtweite         | 6195   |
| 312. Die Luftschicht        | 6215   |
| 313. Die Luftströmung       | 6235   |
| 314. Die Lufttemperatur     | 6255   |
| 315. Die Luftfeuchtigkeit   | 6275   |
| 316. Die Luftdruck          | 6295   |
| 317. Die Sichtweite         | 6315   |
| 318. Die Luftschicht        | 6335   |
| 319. Die Luftströmung       | 6355   |
| 320. Die Lufttemperatur     | 6375   |
| 321. Die Luftfeuchtigkeit   | 6395   |
| 322. Die Luftdruck          | 6415   |
| 323. Die Sichtweite         | 6435   |
| 324. Die Luftschicht        | 6455   |
| 325. Die Luftströmung       | 6475   |
| 326. Die Lufttemperatur     | 6495   |
| 327. Die Luftfeuchtigkeit   | 6515   |
| 328. Die Luftdruck          | 6535   |
| 329. Die Sichtweite         | 6555   |
| 330. Die Luftschicht        | 6575   |
| 331. Die Luftströmung       | 6595   |
| 332. Die Lufttemperatur     | 6615   |
| 333. Die Luftfeuchtigkeit   | 6635   |
| 334. Die Luftdruck          | 6655   |
| 335. Die Sichtweite         | 6675   |
| 336. Die Luftschicht        | 6695   |
| 337. Die Luftströmung       | 6715   |
| 338. Die Lufttemperatur     | 6735   |
| 339. Die Luftfeuchtigkeit   | 6755   |
| 340. Die Luftdruck          | 6775   |
| 341. Die Sichtweite         | 6795   |
| 342. Die Luftschicht        | 6815   |
| 343. Die Luftströmung       | 6835   |
| 344. Die Lufttemperatur     | 6855   |
| 345. Die Luftfeuchtigkeit   | 6875   |
| 346. Die Luftdruck          | 6895   |
| 347. Die Sichtweite         | 6915   |
| 348. Die Luftschicht        | 6935   |
| 349. Die Luftströmung       | 6955   |
| 350. Die Lufttemperatur     | 6975   |
| 351. Die Luftfeuchtigkeit   | 6995   |
| 352. Die Luftdruck          | 7015   |
| 353. Die Sichtweite         | 7035   |
| 354. Die Luftschicht        | 7055   |
| 355. Die Luftströmung       | 7075   |
| 356. Die Lufttemperatur     | 7095   |
| 357. Die Luftfeuchtigkeit   | 7115   |
| 358. Die Luftdruck          | 7135   |
| 359. Die Sichtweite         | 7155   |
| 360. Die Luftschicht        | 7175   |
| 361. Die Luftströmung       | 7195   |
| 362. Die Lufttemperatur     | 7215   |
| 363. Die Luftfeuchtigkeit   | 7235   |
| 364. Die Luftdruck          | 7255   |
| 365. Die Sichtweite         | 7275   |
| 366. Die Luftschicht        | 7295   |
| 367. Die Luftströmung       | 7315   |
| 368. Die Lufttemperatur     | 7335   |
| 369. Die Luftfeuchtigkeit   | 7355   |
| 370. Die Luftdruck          | 7375   |
| 371. Die Sichtweite         | 7395   |
| 372. Die Luftschicht        | 7415   |
| 373. Die Luftströmung       | 7435   |
| 374. Die Lufttemperatur     | 7455   |
| 375. Die Luftfeuchtigkeit   | 7475   |
| 376. Die Luftdruck          | 7495   |
| 377. Die Sichtweite         | 7515   |
| 378. Die Luftschicht        | 7535   |
| 379. Die Luftströmung       | 7555   |
| 380. Die Lufttemperatur     | 7575   |
| 381. Die Luftfeuchtigkeit   | 7595   |
| 382. Die Luftdruck          | 7615   |
| 383. Die Sichtweite         | 7635   |
| 384. Die Luftschicht        | 7655   |
| 385. Die Luftströmung       | 7675   |
| 386. Die Lufttemperatur     | 7695   |
| 387. Die Luftfeuchtigkeit   | 7715   |
| 388. Die Luftdruck          | 7735   |
| 389. Die Sichtweite         | 7755   |
| 390. Die Luftschicht        | 7775   |
| 391. Die Luftströmung       | 7795   |
| 392. Die Lufttemperatur     | 7815   |
| 393. Die Luftfeuchtigkeit   | 7835   |
| 394. Die Luftdruck          | 7855   |
| 395. Die Sichtweite         | 7875   |
| 396. Die Luftschicht        | 7895   |
| 397. Die Luftströmung       | 7915   |
| 398. Die Lufttemperatur     | 7935   |
| 399. Die Luftfeuchtigkeit   | 7955   |
| 400. Die Luftdruck          | 7975   |
| 401. Die Sichtweite         | 7995   |
| 402. Die Luftschicht        | 8015   |
| 403. Die Luftströmung       | 8035   |
| 404. Die Lufttemperatur     | 8055   |
| 405. Die Luftfeuchtigkeit   | 8075   |
| 406. Die Luftdruck          | 8095   |
| 407. Die Sichtweite         | 8115   |
| 408. Die Luftschicht        | 8135   |
| 409. Die Luftströmung       | 8155   |
| 410. Die Lufttemperatur     | 8175   |
| 411. Die Luftfeuchtigkeit   | 8195   |
| 412. Die Luftdruck          | 8215   |
| 413. Die Sichtweite         | 8235   |
| 414. Die Luftschicht        | 8255   |
| 415. Die Luftströmung       | 8275   |
| 416. Die Lufttemperatur     | 8295   |
| 417. Die Luftfeuchtigkeit   | 8315   |
| 418. Die Luftdruck          | 8335   |
| 419. Die Sichtweite         | 8355   |
| 420. Die Luftschicht        | 8375   |
| 421. Die Luftströmung       | 8395   |
| 422. Die Lufttemperatur     | 8415   |
| 423. Die Luftfeuchtigkeit   | 8435   |
| 424. Die Luftdruck          | 8455   |
| 425. Die Sichtweite         | 8475   |
| 426. Die Luftschicht        | 8495   |
| 427. Die Luftströmung       | 8515   |
| 428. Die Lufttemperatur     | 8535   |
| 429. Die Luftfeuchtigkeit   | 8555   |
| 430. Die Luftdruck          | 8575   |
| 431. Die Sichtweite         | 8595   |
| 432. Die Luftschicht        | 8615   |
| 433. Die Luftströmung       | 8635   |
| 434. Die Lufttemperatur     | 8655   |
| 435. Die Luftfeuchtigkeit   | 8675   |
| 436. Die Luftdruck          | 8695   |
| 437. Die Sichtweite         | 8715   |
| 438. Die Luftschicht        | 8735   |
| 439. Die Luftströmung       | 8755   |
| 440. Die Lufttemperatur     | 8775   |
| 441. Die Luftfeuchtigkeit   | 8795   |
| 442. Die Luftdruck          | 8815   |
| 443. Die Sichtweite         | 8835   |
| 444. Die Luftschicht        | 8855   |
| 445. Die Luftströmung       | 8875   |
| 446. Die Lufttemperatur     | 8895   |
| 447. Die Luftfeuchtigkeit   | 8915   |
| 448. Die Luftdruck          | 8935   |
| 449. Die Sichtweite         | 8955   |
| 450. Die Luftschicht        | 8975   |
| 451. Die Luftströmung       | 8995   |
| 452. Die Lufttemperatur     | 9015   |
| 453. Die Luftfeuchtigkeit   | 9035   |
| 454. Die Luftdruck          | 9055   |
| 455. Die Sichtweite         | 9075   |
| 456. Die Luftschicht        | 9095   |
| 457. Die Luftströmung       | 9115   |
| 458. Die Lufttemperatur     | 9135   |
| 459. Die Luftfeuchtigkeit   | 9155   |
| 460. Die Luftdruck          | 9175   |
| 461. Die Sichtweite         | 9195   |
| 462. Die Luftschicht        | 9215   |
| 463. Die Luftströmung       | 9235   |
| 464. Die Lufttemperatur     | 9255   |
| 465. Die Luftfeuchtigkeit   | 9275   |
| 466. Die Luftdruck          | 9295   |
| 467. Die Sichtweite         | 9315   |
| 468. Die Luftschicht        | 9335   |
| 469. Die Luftströmung       | 9355   |
| 470. Die Lufttemperatur     | 9375   |
| 471. Die Luftfeuchtigkeit   | 9395   |
| 472. Die Luftdruck          | 9415   |
| 473. Die Sichtweite         | 9435   |
| 474. Die Luftschicht        | 9455   |
| 475. Die Luftströmung       | 9475   |
| 476. Die Lufttemperatur     | 9495   |
| 477. Die Luftfeuchtigkeit   | 9515   |
| 478. Die Luftdruck          | 9535   |
| 479. Die Sichtweite         | 9555   |
| 480. Die Luftschicht        | 9575   |
| 481. Die Luftströmung       | 9595   |
| 482. Die Lufttemperatur     | 9615   |
| 483. Die Luftfeuchtigkeit   | 9635   |
| 484. Die Luftdruck          | 9655</ |

I.

## Astronomie.

Bevor die wichtigsten unter den neuern Arbeiten auf dem Gebiete der Astronomie vorgeführt werden, scheint es nicht unangemessen, zunächst einen Blick zu werfen auf die Förderung, welche diese Wissenschaft in der neuesten Zeit erfahren hat durch Errichtung neuer Sternwarten und Anschaffung kräftiger, den heutigen Anforderungen entsprechender Instrumente.

Aus dem Gebiete des deutschen Reiches verdient zunächst die Sternwarte in Straßburg eingehender Erwähnung, eines der hervorragendsten Institute an der zu neuer Blüthe erstandenen Universität, welche das deutsche Reich als einen Hort deutschen Sinnes und deutscher Wissenschaft in seinem wiedergewonnenen Grenzlande errichtet hat.

Die Sternwarte zu Straßburg.<sup>1)</sup> Als die deutsche Reichsregierung, die während der ersten französischen Revolution 1794 geschlossene Universität zu Straßburg 1872 wieder ins Leben rief, wurde auch die Errichtung einer neuen Sternwarte beschlossen und der Professor der Astronomie Winnecke ward aufgefordert, Vorschläge für den Bau dieses Instituts zu machen. Derselbe wies nun statistisch nach, daß nur diejenigen Universitätssternwarten für Ausbildung von Astronomen namhaftes geleistet haben, an denen außer dem eigentlichen Lehrapparat auch Instrumente zu selbstständiger wissenschaftlicher Forschung vorhanden sind, und in Folge davon wurden die Mittel bewilligt zur Errichtung einer Sternwarte, die sowohl für die Zwecke des Unterrichts als der wissenschaftlichen Forschung allen Forderungen der Neuzeit entspricht und auch be-

1) Vierteljahrsschrift der Astronom. Gesellsch. XVI, S. 328.

züglich ihrer Ausstattung mit Instrumenten einen hervorragenden Platz unter ihren Schwesterinstituten einnimmt. Dieselbe ist inzwischen nach Winnecke's Angaben von dem Architekten Eggert vollendet und im Sommer 1881 ihrer Bestimmung übergeben worden.

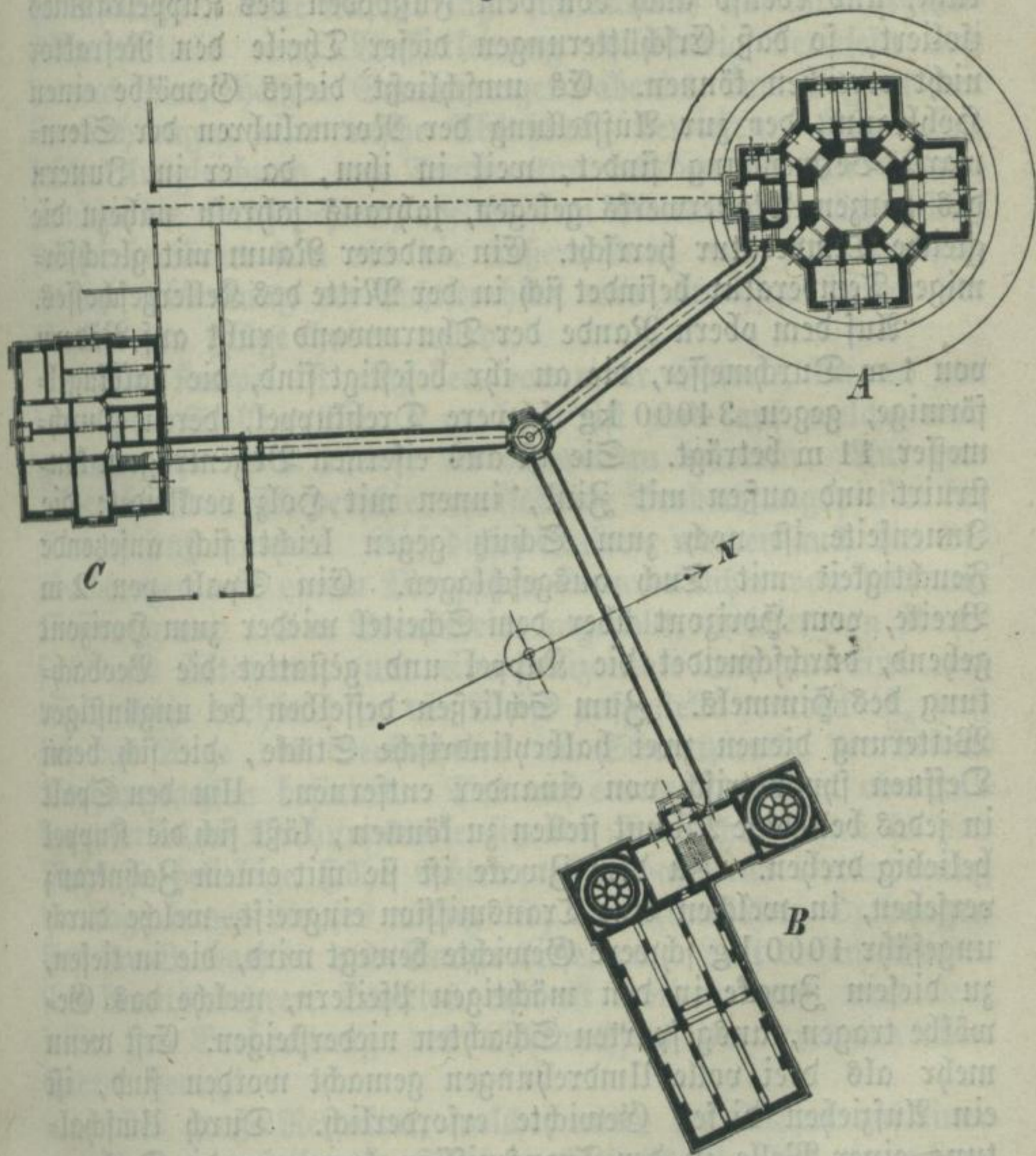
Sie steht auf dem durch Niederlegung der alten Umwallung gelegenen Terrain, nördlich von der Citadelle und bildet den östlichen Theil des großartigen Komplexes der für die Universität bestimmten, theilweis noch im Bau begriffenen Gebäude. Nach West und Nord wird sie vom botanischen Garten umfaßt, nach Ost und Süd umgiebt sie ausgedehntes eigenes Terrain. Dadurch wird es möglich, die 145 m nach Nord und Süd vom Meridiankreis entfernten Miren (Pfeiler mit einer Marke) auf Universitätsterrain zu errichten und dabei Störungen der Gesichtslinien durch anomale Strahlung und Refraktion zu vermeiden.

Bei der Anlage älterer Sternwarten suchte man in der Regel alle Beobachtungs- und Arbeitsräume, sowie auch die Wohnungen der Astronomen in einem einzigen Gebäude zu vereinigen, und noch bei dem Bau der neuen Wiener Sternwarte hat man diesem Grundsatz gehuldigt. So vortheilhaft aber auch diese Vereinigung in mancher Hinsicht ist, so hat sie doch auch andererseits erhebliche Uebelstände zur Folge: einestheils hält es schwer, allen Instrumenten einen ausgedehnten Gesichtskreis zu verschaffen, anderntheils wird die für die astronomischen Beobachtungen unerläßliche Ruhe und Klarheit der Luft wesentlich gestört durch die von den bewohnten Räumen ausströmenden Mengen von warmer Luft und Rauch. Deshalb hat schon Wilhelm von Struve beim Bau der russischen Centralsternwarte bei Pulkowa die Beobachtungsräume von den Wohnräumen getrennt anlegen und nur durch Korridore mit denselben verbinden lassen. Nach demselben Grundsatz besteht auch die Straßburger Sternwarte aus drei isolirten Gebäuden (s. den Situationsplan, Fig. 1), dem Refraktorbau A, dem Meridianbau B und dem Wohnhause für die Beamten C, welches mit den beiden ersteren durch geschlossene Korridore in Verbindung steht, so daß die Ueberwachung des Verkehrs in sämtlichen Gebäuden durch einen im Wohnhause befindlichen Pförtner möglich ist.



Das hervorragendste der drei Gebäude ist der Refraktorbau, ein von einer mächtigen Kuppel gekrönter Thurm, der sich 25 m über den Boden erhebt. Der Unterbau, welcher

Fig. 1.



ganz aus behauenen Steinen aufgeführt ist, hat die Form eines gleicharmigen Kreuzes und enthält in seiner Mitte eine Halle, um welche herum eine Anzahl Räume liegen, die theils zur Aufnahme der Büchersammlung, sowie der Sammlungen kleinerer Apparate und historischer Instrumente, theils als Ar-

beitszimmer und Hörsaal benutzt werden. Die starken Mauerpfeiler, welche die Halle umschließen, tragen eine mehrfache Gewölbe, auf dessen Scheitel die Fußplatte für die den großen Refraktor tragende Säule ruht. Dieses Gewölbe ist von der obern Umfassungswand des Thurmes, auf welcher die Kuppel ruht, und ebenso auch von dem Fußboden des Kuppelraumes isoliert, so daß Erschütterungen dieser Theile den Refraktor nicht erreichen können. Es umschließt dieses Gewölbe einen Hohlraum, der zur Aufstellung der Normaluhren der Sternwarte Verwendung findet, weil in ihm, da er im Innern des ganzen Mauerwerks gelegen, jahraus jahrein nahezu die gleiche Temperatur herrscht. Ein anderer Raum mit gleichförmiger Temperatur befindet sich in der Mitte des Kellergeschosses.

Auf dem obern Rande der Thurmwand ruht auf Rädern von 1 m Durchmesser, die an ihr befestigt sind, die halbkugelförmige, gegen 34000 kg schwere Drehkuppel, deren Durchmesser 11 m beträgt. Sie ist aus eisernen Bogenträgern konstruirt und außen mit Zink, innen mit Holz verkleidet; die Innenseite ist noch zum Schutz gegen leicht sich ansetzende Feuchtigkeit mit Tuch ausgeschlagen. Ein Spalt von 2 m Breite, vom Horizont über dem Scheitel wieder zum Horizont gehend, durchschneidet die Kuppel und gestattet die Beobachtung des Himmels. Zum Schließen desselben bei ungünstiger Witterung dienen zwei halbcylindrische Stücke, die sich beim Oeffnen symmetrisch von einander entfernen. Um den Spalt in jedes beliebige Azimut stellen zu können, läßt sich die Kuppel beliebig drehen. Zu dem Zwecke ist sie mit einem Zahnkranz versehen, in welchen eine Transmission eingreift, welche durch ungefähr 1000 kg schwere Gewichte bewegt wird, die in tiefen, zu diesem Zwecke in den mächtigen Pfeilern, welche das Gewölbe tragen, ausgesparten Schächten niedersteigen. Erst wenn mehr als drei volle Umdrehungen gemacht worden sind, ist ein Aufziehen dieser Gewichte erforderlich. Durch Umschaltung einer Welle in der Transmission kann man die Drehung der Kuppel nach Belieben rechts- oder links um vor sich gehen lassen, und diese Umschaltung erfolgt ebenso wie das Auslösen der Gewichte, indem man durch Schluß eines am Okularende des Teleskopes angebrachten Kontaktes einen Elektromagnet in Wirksamkeit setzt. Auf solche Weise kann der Beobachter ohne

alle Anstrengung und ohne seinen Platz zu verlassen die Bewegung der schweren Kuppel bewirken.

Bemerkenswerth ist noch die Einrichtung, welche getroffen worden ist, um den schädlichen Einfluß der starken Erhitzung der Metallmassen der Kuppel und der sie umgebenden Galerie zu beseitigen. Die Kuppel läßt sich nämlich auf ihrer Außenfläche mittels einer Wasserleitung vollständig berieseln und dadurch nach heißen Sommertagen abends vor Beginn der Beobachtungen eine rasche Abkühlung bewirken. Ohne eine solche Ausgleichung der Temperatur würden in den Abendstunden die Luftschichten, welche dem Refraktor zunächst sind, stärker erwärmt sein als die äußere Luft, was eine unregelmäßige Ablenkung der Lichtstrahlen und unruhige Bilder der Sterne zur Folge haben würde.

Die Kuppel ist umgeben von einer Galerie, die an den schmalsten Stellen über 2 m breit ist und auf welche man gelangt, ohne das Innere der Kuppel zu betreten. Auf derselben befinden sich verschiedene isolierte Beobachtungspfeiler für kleinere Instrumente. Auf dieser Galerie werden auch die Beobachtungen mit einem Merz'schen Kometensucher von 162 mm Oeffnung und 1,3 m Brennweite angestellt, welcher von Repsold als Altazimut (um eine horizontale und um eine vertikale Achse drehbar) in der Weise aufgestellt worden ist, daß sich das Auge des Beobachters im Schnittpunkte der beiden Drehungsachsen befindet. Der auf einem Drehstuhl oberhalb der vertikalen Drehungsachse sitzende Beobachter kann so das Rohr in beliebige Höhe richten, ohne daß eine Veränderung der Lage seines Kopfes nöthig ist; die azimutalen Drehungen sind für Beobachter und Sucher dieselben. Mit diesem Sucher sind bereits mehrere Kometen entdeckt worden; auch wird derselbe zur Beobachtung des Lichtwechsels der veränderlichen Sterne benutzt.

Der große Refraktor, welcher unter der Kuppel auf einer 4 m hohen gußeisernen Säule aufgestellt ist, hat ein achromatisches Objektiv von 487 mm freiem Durchmesser und 7 m Brennweite. Dasselbe stammt aus der Werkstatt von S. Merz in München, während die Gebrüder Repsold in Hamburg die parallaktische Aufstellung besorgt haben. Das aus Eisenblech genietetete Rohr des Refraktors ist der größern Steifigkeit halber

nach dem Okularende zu schwach verjüngt. Hier trägt es den Okularkopf, in welchen die verschiedenen Okulare eingesetzt werden, die eine lineare Vergrößerung vom 70 bis 2000 fachen gestatten. Von dem Okularende aus werden auch die Drehungswinkel, welche das Fernrohr um die Stunden- und um die Deklinationssachse macht, an den an diesen Achsen angebrachten Kreisen mittels eigener Fernrohre abgelesen. An dem großen Rohre ist noch ein Sucher von 120 mm Oeffnung angebracht, der genau parallel mit demselben gerichtet ist, um das bequemere Einstellen auf einen Stern zu ermöglichen. Damit der Beobachter bei jeder Stellung des Refraktors leicht zu dem Okular gelangen kann, läuft rings um das Instrument auf einem Schienengeleise ein Gerüst, welches den Beobachtungstuhl trägt, der durch Gegengewicht balancirt ist und den der auf ihm sitzende Beobachter leicht höher und tiefer stellen kann.

Große Sorgfalt ist darauf verwendet worden, dem Fernrohr eine vollkommen gleichmäßige und ruhige Drehung um die Stundenachse zu verschaffen, damit dasselbe einem Sterne, auf den es eingestellt worden, bei seinem täglichen Laufe beständig folgt. Diese Bewegung wird durch ein starkes und sehr genau gearbeitetes Uhrwerk mit Centrifugalpendel erzeugt, welches aber nicht, wie es in der Regel der Fall, an der Säule des Stativs angebracht ist, einmal weil man es dort während der kalten Jahreszeit nicht vor dem Einfluß der Kälte schützen könnte, welche das Del zum Erstarren bringt und dadurch die Bewegung hemmt; dann auch, weil zu befürchten war, daß die Schwingungen des schweren Pendels leise Oscillationen des ganzen Instrumentes hervorrufen könnten, welche bei der starken Vergrößerung ein sehr störendes Zittern der Objekte zur Folge haben würden. Das Uhrwerk ist deshalb in einer Nische der untern Wand des Beobachtungsturmes aufgestellt, und seine Bewegung wird von da aus durch ein unter dem Fußboden angebrachtes Gestänge auf das Instrument übertragen.

Der Meridianbau enthält in seinem Ostflügel den Meridianaal, in welchem der Meridiankreis und das Passageinstrument (Mittagsrohr) aufgestellt sind. Dieser Saal ist genau nach den Himmelsgegenden orientirt, so daß seine Längs-

achse von Ost nach West läuft. In der Richtung von Süd nach Nord wird derselbe durch Spalte von 1 m Breite durchschnitten, welche den Ausblick mit beiden Instrumenten gestatten und durch Klappen verschlossen werden können. Bekanntlich sind die beiden erwähnten Instrumente Fernröhre, die sich um horizontale, genau von Ost nach West gerichtete Achsen in der Ebene des Meridians drehen lassen. Sie dienen zur Beobachtung des Augenblicks, in welchem ein Stern den Meridian passirt und damit, in Verbindung mit einer Uhr, zur Bestimmung der Rektascension des Sternes. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden liegt nur darin, daß das Passageinstrument bloß mit einem grob getheilten Vertikalkreis versehen ist, der lediglich zur Einstellung des Fernrohres auf einen Stern von bekannter Deklination dient, während der Vertikalkreis des Meridiankreises mit größter Sorgfalt gearbeitet ist und eine genaue Bestimmung der Kulminationshöhe und damit der Deklination gestattet. Beide Instrumente verlangen eine außerordentlich feste und unveränderliche Aufstellung und ruhen deshalb auf starken, frei aus dem Boden aufsteigenden und von dem übrigen Mauerwerk des Gebäudes isolierten Pfeilern. Diese Fundamentierung ließ sich auf dem ganz horizontalen Terrain, in welchem dicht unter der Oberfläche bis viele Meter tief hinab grober, horizontal geschichteter Kies, augenscheinlich uraltes Rheingeschiebe, liegt, in ganz vorwurfsfreier Weise ausführen. Doch wurden die Arbeiten wesentlich erschwert durch den Umstand, daß man schon in einer Tiefe von kaum 1 m auf Grundwasser stieß. Es mußten daher, ähnlich wie bei Fundamentierung großer Brücken, Brunnen eingesenkt werden, und zwar für den Meridiankreis allein fünf, ein sehr großer von mehr als 4 m Durchmesser für die Aufstellung des Meridiankreises selbst, und vier kleinere in Nord und Süd, Ost und West für die Pfeiler, welche die Kollimatoren tragen, d. s. fest aufgestellte Hilfsfernrohre von 80 mm Oeffnung, mit deren Hilfe die unverändert richtige Aufstellung der Mittagskreises jederzeit kontrollirt werden kann. Diese Brunnen wurden 5 m tief unter den gewachsenen Boden versenkt, dann wurde eine starke Betonschicht hineingelegt, das Wasser ausgepumpt und auf der erhärteten Betonplatte der eigentliche Pfeiler, ein hohler, nach oben verjüngter abge-

stumpfer Kegel mit radialen Versteifungen im Innern, aus Backsteinen errichtet. Durch eine Zwischenschicht von Asphalt wird das Aufsteigen der Feuchtigkeit aus dem Boden verhindert. Oberhalb der Erde sind die vier Kollimatorpfeiler durch starke Bogen direkt mit dem mittleren Pfeiler und auf gleiche Art paarweise mit einander verbunden, so daß also die Pfeiler, welche die Drehungsachse des Meridiankreises tragen, gewissermaßen auf einem fünfbeinigen, weitgespreizten Unterbau ruhen, wodurch ein möglichst unveränderlicher Stand angestrebt wird. Ähnlich sind auch die Fundamente für das Passageinstrument. Die äußern Grundmauern des Gebäudes sind ebenfalls sehr stark und doppelt mit dazwischen liegenden isolierenden Luftschichten ausgeführt, um die Pfeiler möglichst vor Temperaturschwankungen und daraus entspringenden Verzerrungen zu schützen. Diese Mauern tragen ein flaches Gewölbe, über welchem der Fußboden des Meridiansaales liegt; die Pfeiler gehen durch Gewölbe und Fußboden frei hindurch. Der Fußboden liegt übrigens in einer Höhe von 5 m, damit die Gesichtslinien auch bei horizontaler Lage der Fernrohre dem Erdboden nicht zu nahe kommen, dessen unregelmäßige Wärmestrahlungen leicht störend wirken. Der Oberbau des Meridiansaales besteht aus Eisen; Dach wie Wände sind mit verzinntem Wellenblech verkleidet, und dieser innere Mantel ist gegen die Sonnenstrahlen wie gegen Abkühlung durch Verdunstung geschützt durch eine äußere jalousieartige Holzumkleidung. Zwischen beiden Mänteln findet eine lebhafte Luftströmung statt. Auf solche Weise wird die Temperatur des Saales möglichst der Schattentemperatur gleich erhalten.

Der Meridiankreis hat ein Fernrohr von 162 mm Oeffnung und 1,9 m Brennweite. Das Instrument, von Repsold gebaut, weicht in mehr als einer Beziehung ab von älteren Instrumenten gleicher Art. Während bei letzteren die feingetheilten Kreise, die an den Enden der horizontalen Achse sitzen und an denen mit Hilfe von Mikroskopen die Kulminationshöhen abgelesen werden, meist 3 Fuß im Durchmesser haben, um die kleinsten Theile noch hinlänglich kenntlich zu machen, beträgt der Durchmesser bei dem Straßburger Instrumente nur 2 Fuß. Dadurch sind die Fehler, welche sich aus den Durchbiegungen durch die Schwere und den Ver-

spannungen durch ungleiche Erwärmung ergeben, bedeutend vermindert, während man andererseits durch Verschärfung der Ablesemikroskope es dahin gebracht hat, daß trotz der Verkleinerung der Kreise Zehntelsekunden abgelesen werden können. Zur Sicherung der Aufstellung dienen außer den vier Kollimatoren auch die oben erwähnten, im Norden und Süden aufgestellten Miren oder Meridianzeichen.

Das andere im Meridiansaal aufgestellte Instrument ist ein Passageinstrument älterer Konstruktion von Cauchy in Paris; es ist das einzige Instrument, welches nach der Einnahme von Straßburg auf der alten Sternwarte vorgefunden wurde.

Der Westflügel des Meridianbaues enthält in der Höhe des Meridiansaales und im Anschluß an diesen zwei Arbeitszimmer, unter denen noch zwei Arbeitszimmer für Schreinerarbeiten und für den Mechaniker liegen. Dieser Flügel wird im Norden und Süden von zwei mit Drehkuppeln versehenen, 20 m hohen Thürmen begrenzt, zu deren Kuppelräumen Wendeltreppen aus den erwähnten Arbeitszimmern führen. Auch die unter diesen Kuppeln aufgestellten Instrumente, im nördlichen Thurm ein Altazimut, im südlichen ein Bahnsucher, ruhen auf sehr starken, vom übrigen Mauerwerk getrennten Pfeilern. Die Fundierung der letzteren ist aber eine andere als bei den Pfeilern der Meridianinstrumente. Es sind nämlich mächtige Betonplatten hergestellt worden, die den ganzen quadratischen Innenraum der Thurmfundamente ausfüllen, auf denen sich die radialversteiften nach oben stark verjüngten Doppelkegel erheben, die von Backsteinmänteln umhüllt werden, damit sie gegen Wärmeveränderungen geschützt sind, die in den 16 m hohen Pfeilern leicht Schwankungen verursachen könnten. Die Drehkuppeln haben 5,5 m Durchmesser. Die südliche ist ähnlich der des Refraktorbaues angelegt und hat für diese als Muster gedient; nur dient zum Verschließen des 1 m breiten, von Horizont zu Horizont reichenden Einschnittes bloß ein Halbcylinder. Bei der Kuppel des Nordthurmes war wegen der Konstruktion des Altazimuts eine ungewöhnlich große Oeffnung nöthig; diese Kuppel ist daher durch einen Vertikalschnitt in zwei von einander ganz unabhängige Hälften zerlegt, die sich durch Vermittlung eines leicht und sicher wir-

fenden Bewegungsmechanismus symmetrisch zur Mittellinie auf Schienen, welche oberhalb des Radkranzes liegen, auseinander fahren lassen, wodurch eine Oeffnung von 2,5 m Breite erhalten wird. Die Kuppeln und die sie umgebenden Galerien können mit Wasser berieselt werden.

Was die in diesen Thürmen aufgestellten Instrumente anlangt, so ist das Altazimut zu den feinsten Messungen sowohl im Sinne der Höhe als des Azimuts bestimmt und bildet ein universales Durchgangsinstrument. Das Fernrohr hat ein Objektiv von 136 mm Oeffnung und 1,5 m Brennweite und läßt sich um eine horizontale sowie um eine vertikale Achse drehen. Die Größen dieser Drehungen werden an feingetheilten Kreisen mittels feststehender Mikroskope abgelesen. Diese Kreise sind aber an dem Straßburger von Kepsold gebauten Altazimut nicht wie üblich aus Rothguß, sondern aus Gußeisen; die Kreistheilung ist auf einem eingelegten Silberstreifen angebracht.

Der Bahnsucher hat ein von der optischen Anstalt von Reinfelder & Hertel in München geliefertes Fernrohr von 163 mm Oeffnung und 2,6 m Brennweite, welches von Gebrüder Kepsold in einer Weise montirt ist, die zur Aufsuchung von Kometen, deren Wiederkehr man erwartet, besonders geeignet erscheint. Das Fernrohr kann nämlich außer der Drehung um die Stundenachse und die Deklinationssachse noch um eine dritte, zur Deklinationssachse senkrechte Achse gedreht werden. Dadurch wird es möglich, das Fernrohr in einem beliebigen größten Kreis zu bewegen, was deshalb für den angegebenen Zweck wünschenswerth ist, weil man oft wohl die Bahnebene, nicht aber den genauen Ort des erwarteten Kometen kennt. Die Idee dieses Instrumentes rührt von Airy her, ist aber erst von Gebrüder Kepsold an dem Straßburger Instrument verwirklicht worden.

Außer den erwähnten Instrumenten ersten Ranges besitzt die Straßburger Sternwarte noch eine Anzahl kleinerer, unter denen ein Heliometer und ein transportables Passageinstrument, beide im Freien unter Bedachung aufgestellt, die bedeutendsten sind.

Was die Thätigkeit dieses unter Winnecke's Leitung stehenden Institutes anlangt, so besteht die Hauptaufgabe für



den großen Refraktor in der Untersuchung der Natur der Nebelflecke und ihrer mikrometrischen Verbindung mit benachbarten Fixsternen. Außerdem wird dieses lichtstarke Instrument auch zur Beobachtung von Kometen und schwer sichtbaren Planeten-Trabanten benutzt. Am Meridiankreis sollen Sonnenbeobachtungen angestellt werden, um eine genaue Festlegung der scheinbaren Sonnenbahn zu erhalten; auch sollen dieörter für die helleren Fixsterne, insbesondere für die Vergleichsterne der Nebelbeobachtungen, möglichst scharf bestimmt werden. Das Altazimut soll zu fortlaufenden Mondbeobachtungen verwendet werden, um die zahlreichen Unregelmäßigkeiten der verwickelten Bewegung unseres Satelliten, die besonders für die Schiffahrt (zum Zweck der Längenbestimmungen zur See mittels der Mondstanzungen) von größter Wichtigkeit sind, genauer als bisher zu bestimmen. Das Heliometer wird u. a. dazu benutzt, so oft es das Wetter gestattet, den polaren und äquatorialen Durchmesser der Sonne zu messen, und es sollen diese Beobachtungen über eine Reihe von 11 Jahren fortgeführt werden.

Von neuen Privatsternwarten, die in Deutschland im Ganzen wenig zahlreich sind, ist der des Barons von Engelhardt in Dresden an dessen Villa, Liebigstraße 1, zu gedenken <sup>1)</sup>. Dieselbe besteht aus einem massiven Thurm mit drehbarer Kuppel, einem kleinen Meridianzimmer und einem gedeckten, mit Glasfenstern versehenen Gange zur Verbindung der Sternwarte mit der Villa. Das Hauptinstrument ist ein Äquatorial von Howard Grubb in Dublin mit einem Fernrohr von 12 Zoll engl. Oeffnung und 12 Fuß Brennweite, das auf einem 12 m hohen isolierten Pfeiler unter der Kuppel steht. Im Meridianzimmer sind ein von Cook in York gefertigtes Passageinstrument und eine Knoblichsche Pendeluhr aufgestellt. Verschiedene Instrumente, darunter ein Kometensucher von 5 Zoll par. Oeffnung von Reinfelder & Hertel in München sind im Gange aufgestellt. Die Lage der Sternwarte ist

Länge 1 Min. 19,93 östlich von Berlin,

Breite + 51° 2' 16" 8.

1) Astron. Nachr. Bd. 99, S. 155.

Auch die alte Bischofsstadt Bamberg wird demnächst eine neue Sternwarte erhalten. Es hat nämlich der am 29. Mai 1882 daselbst verstorbene Dr. jur. Karl Kemeis dieser seiner Vaterstadt ein Kapital von 400,000 Mark testamentarisch vermacht, von welcher Summe 180,000 Mark zum Bau einer Sternwarte bestimmt sind, für welche die Stadt, welcher auch die prächtige Villa des Verstorbenen am Michaelsberger Walde zufällt, den Bauplatz zu beschaffen hat; 70,000 Mk. sind für Anschaffung von Instrumenten bestimmt, 80,000 Mk. bilden das Kapital, aus dessen Renten der Direktor zu besolden ist, desgleichen sind Kapitalien von 20,000 und 50,000 Mark bestimmt, aus ihren Renten den Rustos zu besolden und die Sternwarte zu unterhalten. Der Platz für die Sternwarte wird von den Direktoren der Sternwarten in München und Leipzig ausgewählt werden, die Ernennung des Direktors erfolgt auf Vorschlag der Universität München durch das bayerische Staatsministerium. Auf der erwähnten Villa zwischen der Stadt und der Altenburg hatte der Verstorbene schon seit Jahren ein astronomisches Observatorium eingerichtet, dessen Instrumente mit zur Ausstattung der neuen Sternwarte verwendet werden sollen. Unter ihnen ist besonders zu erwähnen der schöne äquatorial montirte Refraktor von 27 cm Objectivöffnung von Dr. Hugo Schröder in Oberursel, welcher auf der Patent- und Musterchutz-Ausstellung zu Frankfurt a. M. im vorigen Jahre in einem besondern Observatorium aufgestellt war und zu Demonstrationen benutzt wurde.

Was Oesterreich-Ungarn anlangt, so hat die neue Sternwarte auf der Türkenschanze bei Wien mit ihrem großen Refraktor von Grubb schon im vor. Jahrg. dieses Jahrb., S. 55 u. f. Erwähnung gefunden. Hinzuzufügen haben wir noch, daß Ungarn seit einigen Jahren eine neue kleine Sternwarte in Kalocsa, etwa 14 Meilen südlich von Budapest, in der Nähe der Donau, besitzt. Dieselbe ist auf Kosten des dortigen Erzbischofs, Kardinals von Haynald, nach dem Muster der schon seit längerer Zeit bestehenden Sternwarte des Dr. Nicolaus von Konkoly zu D'Ghalla, die hauptsächlich astrophysikalischen Zwecken dient, eingerichtet worden und steht unter Leitung des Jesuitenpaters Dr. Braun, dem als Gehilfe Dr. Hüninger beigegeben ist.

Belgien erhält zwei neue Sternwarten, eine bei Brüssel, die andere zu Lüttich. Die erstere ist für astronomische, spektroskopische, meteorologische Beobachtungen bestimmt, und ihre Instrumente sollen völlig von einander getrennt auf einem Hügel von 110 m Höhe in gesonderten Räumen untergebracht werden, während das Hauptgebäude mit Arbeitsräumen, Bibliothek und Museum am Fuße des Hügel errichtet werden soll.

Frankreich, welches am Ende des vorigen Jahrhunderts außer der 1667 gegründeten Pariser Sternwarte, noch gegen 30 kleinere Sternwarten besaß, hat jetzt außer der Pariser Sternwarte, dem für Lehrzwecke bestimmten Observatorium von Montsouris und dem astrophysikalischen Observatorium in Meudon nur noch 5 Provinzialsternwarten; nämlich Marseille (Direktor Stephan, Astronomen Borelly und Coggia), Toulouse (Direktor Baillaud), Bordeaux (Direktor Rayet), Lyon (Direktor André) und Algier (Direktor Trepod). Dazu wird bald eine neue großartig ausgestattete Sternwarte in der Nähe von Nizza kommen. Dieselbe ist eine Stiftung des Pariser Banquiers Kasael Bischoffsheim, welcher der Astronomie schon mehrfach seine wohlwollende Förderung angedeihen ließ. Es sei nur erinnert an die Schenkung des schönen Meridiankreises von Secretan mit einem Fernrohr von 236 mm Oeffnung und 3,852 m Focalweite, den die Pariser Sternwarte besitzt. Bischoffsheim hat nun etwa 12 Kilometer nordöstlich von Nizza, nahe der Straße, die von Corniche über den Mont des Mignons (auch Mont Gros genannt) führt, 375 m überm Meere, ein Grundstück von 35 Hectar gekauft, auf welchem die einzelnen Instrumente in besonderen Räumen untergebracht werden sollen. Wohnräume, Bureau und Bibliothek liegen 50 m tiefer. Das Hauptinstrument wird ein großer Refraktor werden von 76 cm freier Oeffnung und 18 m Focalweite, parallaktisch montirt von Eichens, der in einer Kuppel von 22 m Durchmesser seine Aufstellung finden wird. Die Herstellung haben Paul und Prosper Henry von der Pariser Sternwarte übernommen. Kleinere Instrumente sind ein Aequatorial von Eichens von 38 cm Oeffnung und 7,5 m Brennweite, ein Passageinstrument von Gebr. Brunner, ein Meridiankreis von Gauthier. Dazu kommt eine vollständige Anstalt für Erdmagnetismus nach dem Muster der in Pulkowa eingerichteten. Das Personal

besteht aus Perrotin als Direktor, Carvallo, Assistent, Puisant für Magnetismus, Thollon für spektroskopische Arbeiten.

Die Ausführung des Baues ist dem Architekten der Großen Oper in Paris, Charles Garnier, anvertraut unter Oberaufsicht einer vom Längenbureau ernannten Kommission, die aus dem Subdirektor der Pariser Sternwarte, Löwy, und den Akademikern Faye und D'Abbadie besteht. Die Gesamtkosten werden auf mehr als 2 Millionen Franc veranschlagt.

Rußland, welches seit langer Zeit schon soviel für Förderung der Astronomie gethan hat, wird demnächst in Besitz des größten Refraktors kommen, der bis jetzt existiert.

Der neue Refraktor von Pulkowa.<sup>1)</sup> Die Leistungen des Washingtoner und anderer großen von Alvan Clark für amerikanische Sternwarten gelieferten Refraktoren zeigten, daß der treffliche Merz'sche Refraktor von 15 Zoll engl. Oeffnung, welchen Pulkowa besitzt, an Lichtstärke nicht mit jenen amerikanischen Riesen konkurriren konnte, und erweckten den Gedanken, die russische Centralsternwarte mit einem Refraktor auszurüsten, der alle zur Zeit vorhandenen an optischer Kraft übertreffen sollte. Namentlich waren es die zahlreichen Entdeckungen Burnhams an Doppelsternen, besonders lichtschwacher Begleiter in unmittelbarer Nähe heller Hauptsterne, welche dem Direktor Otto von Struve den Wunsch nach einem noch kräftigeren Sehwerkzeuge nahe legten, und die russische Regierung ging, eingedenk der vom Kaiser Nikolaus I. bei Gründung der Pulkowaer Sternwarte ausgesprochenen Absichten, bereitwillig darauf ein.

Demgemäß wurde im Herbst 1879 bei Alvan Clark und Söhne in Cambridgeport ein Objektiv von 30 Zoll = 762 mm freier Oeffnung bestellt, und in dem am 1. September 1879 getroffenen Uebereinkommen verpflichteten sich die amerikanischen Optiker, dieses Objektiv binnen 3 $\frac{1}{2}$  Jahren zu liefern, indem sie 2 Jahr für Beschaffung der Glasmasse ansetzten. In Folge davon kam Alvan Clark, der Sohn, der Entdecker des Siriusbegleiters, im September 1879 nach Europa, um die Glas-

1) Astron. Nachr. Bd. 102, Nr. 2428, S. 49.

massen zu bestellen, und es glückte ihm bei der Firma Chance Brothers in Birmingham eine in kubischer Form gegossene, genügend große, vorzüglich reine und ganz zweckentsprechende Kronglasmasse zu finden. Leider zersprang dieselbe einige Wochen nachher bei der Operation des Kamollirens, und da in der Leitung des Birminghamer Geschäfts inzwischen Veränderungen vorgegangen waren, so bestellte Clark auch das Kronglas, ebenso wie gleich anfangs das Flintglas bei Feil in Paris<sup>1)</sup>. Diese Firma lieferte auch das Flintglas schon am Anfang des Jahres 1880, eine Kronglasmasse, die bezüglich der Durchsichtigkeit, sowie Freiheit von Streifen und Blasen ganz ausgezeichnet war, konnte aber erst im Herbst 1881 beschafft werden. Doch hatte das Pariser Haus bezüglich der Dicke des Glases die ihm aufgegebenen Dimensionen nicht eingehalten, und in Folge davon fürchteten Clark und Söhne, daß das Objektiv, wenn es auf die ursprünglich von Struve festgesetzte Brennweite von 40 Fuß = 12,2 m geschliffen würde, nicht genügende Steifigkeit erhalten würde. Sie schlugen daher eine Brennweite von 45 Fuß = 13,7 m vor, weil diese die Kurven soweit abzuplatten gestattet, daß das Glas an den Rändern die nöthige Stärke behält. Struve nahm schließlich diese vergrößerte Brennweite an unter Vorbehalt einer direkt am Himmel vorzunehmenden Prüfung nach Herstellung des Objektivs. Dadurch ist das Verhältniß der Brennweite zur Objektivöffnung, welches Struve wie beim Washingtoner Refraktor auf 16 : 1 festgestellt hatte, ungefähr auf das von Fraunhofer benutzte Verhältniß 18 : 1 gebracht. Das Schleifen der Linsen hat Neujahr 1882 begonnen.

Clark und Söhne wollen bei der Konstruktion des Objektivs eine wesentliche Neuerung einführen, indem sie beabsichtigen, die beiden Linsen nicht, wie sonst üblich, sich beinahe vollständig berühren zu lassen, sondern dieselben durch einen erheblichen Zwischenraum von 5 bis 6 Zoll (12,7 bis 15,2 cm) von einander zu trennen, dabei aber beide durch eine sehr

1) Diese durch ihre optischen Gläser berühmte Firma hatte 1879 Aufträge auf Scheiben von 80 cm Durchmesser für Pulkowa, 76 cm für die Bischoffheim'sche Sternwarte zu Nizza, 73 cm für die Pariser Nationalsternwarte, 70 cm für die neue Wiener Sternwarte, 52 cm für Hilger in England, 52 für Salmograghi in Mailand.

solide Fassung in möglichst unveränderlicher Lage zu einander zu erhalten. Wenn sich diese Neuerung bewährt, so wird sie sicher vielfach bei großen Objektiven Nachahmung finden, denn es würde dadurch die Reinigung der Linsen ganz außerordentlich erleichtert, weil es bei dieser Anordnung nicht nöthig ist, die Linsen aus der Fassung herauszunehmen; denn der freie Zwischenraum ist ausreichend, um durch zweckmäßig in der Fassung angebrachte Oeffnungen den Arm hineinzubringen, um die innern Flächen zu reinigen. Bei dem bedeutenden Gewicht welches große Objektivlinsen haben, ist aber das Herausnehmen und Wiedereinsetzen derselben mit großen Schwierigkeiten verbunden. Schon bei dem alten Merz'schen Refraktor in Pulkowa beträgt das Gewicht der Linsen 30 Pfund (12,3 kg) und das der Fassung 35 Pfund (14,3 kg), und darnach dürfte das Gesamtgewicht der Linsen des neuen Refraktors mit der Fassung wohl gegen 500 Pfund betragen, ein Gewicht, zu dessen sicherer Handhabung nicht mehr einfache Menschenkräfte ohne Anwendung maschineller Hilfsmittel ausreichen. Solche Hilfsmittel sind denn auch selbst bei kleinern Instrumenten vielfach in Anwendung gekommen, und es ist in dieser Hinsicht namentlich ein sehr sinnreicher, aber auch komplizierter Apparat zu erwähnen, den Airy für den 12 zölligen Refraktor in Greenwich hat ausführen lassen. Für das beim Reinigen nothwendige Hin- und Herwenden leisten freilich diese Apparate wenig, und daher ist sicher eine Anordnung, die das Herausnehmen aus der Fassung ganz entbehrlich macht, ein großer Gewinn.

Noch bedeutsamer dürfte aber ein anderer Vortheil dieser Anordnung sein. Schon bei Instrumenten von mäßigen Dimensionen dauert es oft ziemlich lange, ehe das Objektiv die Temperatur der umgebenden Luftschichten annimmt und dem entsprechend die Güte der Bilder zur vollen Geltung gelangt. Dies muß natürlich in verstärktem Maße bei größeren Linsen stattfinden. Werden aber beide Linsen getrennt, so wird die Zeit, welche erforderlich ist, damit die beiden Hälften des Objektivs die gewünschte Temperatur annehmen, etwa auf die Hälfte reduziert und noch erheblich mehr, wenn die Fassung so eingerichtet wird, daß durch Oeffnungen in derselben Luft in den Zwischenraum zwischen beiden Linsen streichen kann. Ähnliche Oeff-

nungen, die nach erfolgter Temperatúrausgleichung leicht wieder geschlossen werden könnten, müßten auch im Rohr, dem Objektiv möglichst nahe, angebracht werden.

Die Konstrukteure wollen die Fassung des Objektivs aus Gußstahl herstellen und die Linsen nicht, wie sonst üblich, auf drei symmetrisch gelegenen Punkten, sondern auf der ganzen Peripherie in einer Breite von beiläufig einem Zoll aufliegen lassen. Damit nicht etwa in Folge der erheblichen Verschiedenheit der Ausdehnung von Stahl und Glas bei sehr niedrigen Temperaturen die Gläser durch den sich stärker zusammenziehenden Stahl gesprengt werden, wollen Clark und Söhne, entsprechend einer Idee des Professor Young in Princeton zwischen dem Stahlring und den Linsen noch einen etwa 2 Zoll breiten Zinring anbringen, um so eine Kompensation herbeizuführen. Uebrigens beträgt der Effekt des Ausdehnungsunterschiedes zwischen Stahl und Glas bei einem Linsendurchmesser von 32 Zoll freier Oeffnung und 2 Zoll Aufliegen selbst für Temperaturverschiedenheiten von  $100^{\circ}$  C. kaum  $\frac{1}{18}$  Zoll = 1,4 mm.

Die Montirung des Instrumentes ist den Herren Re p s o l d in Hamburg übertragen worden, welche kürzlich beim Bau der großen Refraktoren von Straßburg und Mailand, sowie auch bei dem Umbau des alten Pulkowaer Refraktors Gelegenheit gehabt haben, alle hier einschlagenden Fragen gründlich zu studieren. In der Hauptsache wird der Bau dem der beiden ersterwähnten Instrumente gleichen; doch sind noch verschiedene nicht unwesentliche Modifikationen in Aussicht genommen.

Seine Aufstellung wird das Instrument in einem Drehthurm finden, der auf einem südlich vom Hauptgebäude der Sternwarte, etwa 350 Fuß südwestlich vom Mittelthurm entfernt, erbaut werden soll. Derselbe soll 60 bis 63 Fuß Durchmesser und vom Fußboden aus 55 Fuß Höhe, — davon 24 Fuß bis zur Klappenöffnung — erhalten. Der Fußboden wird sich etwas über den Erdboden erheben, so daß er noch über die im Winter sich ablagernden Schneemassen zu liegen kommt. Der Thurm erhält vertikale Wände und ein flaches Dach, da die anderwärts beliebte Kuppelform mit Rücksicht auf das Klima, namentlich wegen der Schneewehen und des Glatt-

eises, nicht zu empfehlen sind. Die Klappenöffnung soll 8 Fuß Breite haben und durch eine doppelte Reihe vertikal aufzuschlagender Klappen, die sich in der Mitte decken, geschlossen werden. Der Drehthurm wird ganz aus Eisen ausgeführt, außen mit Bretern, innen wahrscheinlich mit Filz verkleidet. Die Ausführung ist dem Direktor der St. Petersburger Metallwaarenfabrik, Otto Krell übertragen.

In Italien hat die Sternwarte zu Mailand, auf welcher in neuester Zeit Schiaparelli seine klassischen Beobachtungen der Marsoberfläche angestellt hat, einen neuen Refraktor mit 18 par. Zoll (48,8 cm) Oeffnung erhalten, dessen parallaxtische Montierung von Repsold in Hamburg herrührt.

Wenden wir uns nun hinüber nach der neuen Welt, so haben wir in den Vereinigten Staaten, in denen die praktische Astronomie in der letzten Zeit so wesentliche Förderung erfahren hat, ein im Entstehen begriffenes großartiges Unternehmen zu verzeichnen, nämlich

Lick's Sternwarte. In December 1874 faßte ein Bürger von San Francisco, der inzwischen am 1 Oktober 1876 verstorbene James Lick, ein Mann, der sich aus beschränkten Jugendverhältnissen zu Reichthum und Ansehen emporgehoben hatte<sup>1)</sup>, den Entschluß, auf seine Kosten innerhalb der Grenzen seines Adoptivheimathstaates Californien eine Sternwarte zu errichten und mit einem Fernrohr auszustatten, das alle andern bis dahin gebauten Teleskope an Kraft übertreffen sollte. Die

1) James Lick war geb. 1796 zu Fredericksburg in Pennsylvanien, erlernte die Kunstschlerei und trieb dann diese und Pianofortebau 24 Jahre lang in Südamerika. Mit einem Vermögen von 40,000 Dollar, das er sich inzwischen erworben, ging er dann nach Californien, das noch nicht zur Union gehörte, und in richtiger Erkenntniß der großen dereinstigen Bedeutung dieser Gegenden legte er ein großen Theil seines Vermögens in Ländereien an, kaufte namentlich in einer Zeit, als die Anweisungen der Regierung auf Ländereien im fernen Westen ziemlich werthlos waren, dieselben billig auf, um sie in spätern Jahren zu hohen Preisen wieder zu verkaufen. So soll er den Grund und Boden, auf dem er nachher in San Francisco sein prachtvolles Wohnhaus errichtete, für 50 Dollar erworben haben. Inzwischen trieb Lick auch die Müllerei und bald galt sein Mehl für das beste, das in Californien auf den Markt kam. So wurde Lick durch rüstige Thätigkeit und kluge Spekulation ein mehrfacher Millionär.



Vorbereitungen zur Ausführung dieses Planes nahm Lick selbst sofort in die Hand <sup>1)</sup>.

Zunächst kam die Wahl eines geeigneten Platzes in Frage. In erster Linie wurde Observatory Point am Lake Tahoe in Vorschlag gebracht, der aber bald wieder aufgegeben wurde wegen der Strenge des dortigen Winters, namentlich wegen des starken Schneefalls. Dann wurden Monte Diablo (3856 engl. Fuß hoch), Mount Helena (4343 Fuß) und andere Punkte geprüft, bis endlich Lick seinen Agenten Kapitän Fraser auf den von dem Astronomen Holden in Vorschlag gebrachten Mount Hamilton, einen 4440 Fuß hohen Berg in Santa Clara County, ungefähr 13 engl. Meilen südlich von San José, sandte. Fraser besuchte den Berg zum erstenmal im August 1875 und fand ihn zwar sehr geeignet, was die Klarheit der Luft betrifft, zugleich fand sich aber auch, daß die Kosten eines Weges auf den Gipfel sehr hoch sein würden, daß der Gipfel eine scharfe Spitze aus sehr hartem Gestein sei und die für Errichtung eines Gebäudes erforderlichen Planierungsarbeiten viel Schwierigkeiten bieten würden, und daß endlich kein Wasser in der Nähe des Gipfels vorhanden sei. Das letzte Bedenken ward indessen bald gehoben durch die Entdeckung zweier Quellen etwa 300 Fuß unterhalb des Gipfels und 4300 Fuß von demselben entfernt. Lick gab daher der Regierung von Santa Clara County seinen Entschluß kund, auf dem Gipfel des Mount Hamilton eine Sternwarte zu errichten und angemessen auszustatten, wenn die Grafschaft die Anlegung und Unterhaltung einer Straße von San José bis zum Gipfel übernehmen wollte. Auf die zustimmende Antwort der Regierung setzte dann Lick unterm 21. September 1875 eine Summe von 700,000 Dollar zunächst für Ankauf des nöthigen Grund und Bodens, Errichtung der Sternwarte und Anschaffung des großen Teleskopes an. Die Ausführung wurde einem Kuratorium von fünf Personen mit Kapitän R. S. Floyd an der Spitze übertragen, welche nach Vollendung des Instituts dasselbe den Vorstehern der Universität von Californien übergeben sollten und das von diesen als Lick Astronomical Department of the University of California verwaltet werden sollte. Die

1) Nature XXV, p. 298.

Rente von dem übrig bleibenden Kapital sollte zur Unterhaltung der Sternwarte und zur Förderung der Wissenschaft verwendet werden. Es mag dabei bemerkt werden, daß die Stiftung der in Rede stehenden Sternwarte nur einen kleinen Theil des Vermächtnisses ausmacht, welches Vid für wissenschaftliche Zwecke hinterlassen hat. Zwar fochten die Erben das Testament an, es gelang aber im Jahre 1877 einen günstigen Vergleich zu schließen, und so fiel schließlich dem Staat Californien ein Vermögen von nahezu 3 Millionen Dollar zu.

Die erwähnte Straße von San José auf den Mount Hamilton wurde bereits 1875 begonnen und im Jahre 1876 vollendet, so daß sie im Januar 1877 dem Kuratorium übergeben werden konnte. Sie wird wegen ihrer trefflichen Beschaffenheit, herrlichen Umgebung und der schönen Fernsichten, die sie gewährt, als eine der prachtvollsten Gebirgsstraßen der Vereinigten Staaten bezeichnet. Ihre gesammte Länge beträgt 26 engl. Meilen, und auf 22 Meilen steigt sie 4000 Fuß hoch, wobei die höchste Steigung  $6\frac{1}{2}$  auf 100 Fuß beträgt. Die Gesamtkosten beliefen sich auf 78,000 Dollar. Die ersten 4 Meilen laufen horizontal in gerader Linie von San José im Santa Clarathal hin; dann beginnt die Straße die am Fuße des Berges liegenden Hügel in mannigfachen Windungen emporzusteigen; gegen das Ende hin läuft sie in Spiralwindungen um den Berg selbst und hier ist es, wo sich der Blick auf eine höchst malerische Scenerie eröffnet. Im Westen erblickt man das Santa Clara-Thal und die Bergreihen an der Küste; im Südwest ein Stück des stillen Meeres, weiterhin die Sierra Nevada mit zahllosen Höhenzügen, im Südost das San Joaquinthal und im Osten die weiter entlegenen Sierras, während im Norden an klaren Tagen der 175 engl. Meilen entfernte Mount Shasta (14000 engl. Fuß hoch) deutlich sichtbar ist. Die Bai von San Francisco liegt ausgebreitet vor den Augen des Beschauers und am Ende derselben erblickt er Tamalpais, den Berg am Eingange des Goldenen Thors.

Der Mount Hamilton besitzt drei Gipfel, den Ost-Beak, 4440 Fuß hoch, den Middle-Beak, 4350 Fuß, und den Observatory-Beak, der ursprünglich eine Höhe von 4256

Fuß hatte. Von diesem Gipfel wurde die Spitze, etwa 29 Fuß in der Höhe, im Ganzen 40,000 Tons, abgetragen, um eine genügende Ebene für die Baulichkeiten der Sternwarte zu gewinnen. Das Wohnhaus und die Werkstätten befinden sich ungefähr 50 Fuß tiefer. Die beiden Quellen sind mit der Höhe durch einen bequemen Weg verbunden, und längs desselben ist eine Wasserleitung angebracht. Beide Quellen liefern auch in der trockensten Zeit täglich 850 Gallonen Wasser und in der nassen Jahreszeit gegen 5000 Gallonen.

Die Entscheidung über den Bau der Sternwarte fiel in der Hauptsache dem Vorsitzenden des Kuratoriums, dem schon erwähnten Kapitän Floyd zu. Seit 1876 hat derselbe den größten Theil der Sternwarten in Europa und Amerika besucht und mit den hervorragendsten Astronomen korrespondiert. Während seines Aufenthalts in Washington im Jahre 1879 entwarf er dann im Verein mit den Professoren Newcomb und Holden von der dortigen Marine-Sternwarte den allgemeinen Plan für den Bau und machte die ersten Bestellungen von Instrumenten.

Den Haupttheil der Sternwarte soll ein Kuppelbau von ungefähr 75 Fuß Durchmesser bilden, der den südlichsten Theil des Plateaus auf den Gipfel einnehmen und in welchem der große Refraktor seine Aufstellung finden wird. Die Konstruktion des letzteren ist der Firma Alvan Clark und Söhne in Cambridgeport übertragen worden. Wie es heißt, hat man eine Objektivöffnung von 36 Zoll (914 mm) für dieses Instrument in Aussicht genommen; doch soll für die endgültige Entscheidung über die Größe erst die Leistung des großen neuen Refraktors der Sternwarte Pulkowa von 30 Zoll freier Objektivöffnung maßgebend sein.

Clark und Söhne haben sich verbindlich gemacht, das Objektiv für den Preis von 50,000 Dollar binnen zwei Jahren, vom Empfang der Glasscheibe an gerechnet, herzustellen. Ein Anerbieten des rühmlich bekannten deutschen Optikers, Dr. Hugo Schröder in Oberursel, der sich anheischig machte, nach einem neuen Prinzip ein nur aus einer einzigen Linse bestehendes Objektiv von 50 Zoll Oeffnung herzustellen, konnte von den Kuratoren der Lick-Sternwarte nicht angenommen

werden, da sie schon mit den Clark's den Kontrakt geschlossen hatten <sup>1)</sup>.

Am nordwestlichen Ende des Plateaus steht ein im November 1881 vollendeter kleiner Kuppelbau, welcher einen ausgezeichneten Clark'schen Refraktor von 12 Zoll Oeffnung enthält, der zur Beobachtung des bevorstehenden Venusdurchganges bestimmt ist. Beide Kuppelbaue sollen durch ein einstöckiges Gebäude verbunden werden, welches ein Uhrzimmer, Arbeitsräume, ein Bibliothekzimmer, Bureaus und Schlafräume für die Beobachter enthalten wird. Wenig Fuß ostwärts von der kleinen Kuppel steht ein eiserner, 1881 vollendeter Bau für das vierzöllige Passageinstrument von Fauth in Washington, und gerade südlich von diesem ist in einem eigenen Gebäude der Photoheliograph aufgestellt. Einige Schritt östlich davon wird ein sechszölliger Meridiankreis von Kepsold seine Aufstellung finden. Endlich ist noch eine kleine Kuppel zu erwähnen, die einem vierzölligen Kometensucher von Clark birgt.

Die Gebäude werden größtentheils aus Ziegeln aufgebaut, zu denen der Lehm dicht bei der Sternwarte gefunden wird.

Im Ganzen betrug die bis Ende 1881 aufgewendete Summe weniger als die Kosten für die Herstellung der Straße, und dafür war bereits auf dem Mount Hamilton eine wohl ausgestattete Beobachtungsstation hergestellt worden, auf welcher Prof. Holden und S. W. Burnham von Chicago den Merkursdurchgang am 7. November vorigen Jahres beobachteten.

Um ein sicheres Urtheil darüber zu gewinnen, ob der Mount Hamilton für die Anlage einer Sternwarte recht geeignet sei, ersuchten die Kuratoren den Professor Newcomb schon 1877, Beobachtungen daselbst anzustellen. Da derselbe aber durch anderweitige Thätigkeit verhindert war, dieser Aufforderung nachzukommen, so veranlaßte er den Astronomen Burnham, eine Zeitlang auf dem Mount Hamilton zu beobachten. Derselbe verweilte denn auch vom 17. August bis 16. Oktober 1879 daselbst und führte mit seinem 6-zölligen Clark'schen Refraktor eine Reihe von Beobachtungen aus, deren Erfolg ihn zu derselben Ueberzeugung brachte, wie Prof. Newcomb, der Anfang Oktober Gelegenheit fand, den Berg zu

1) Scientific American, XLIV, p. 163.

besuchen, daß nämlich dort der schönste Platz in den Vereinigten Staaten für eine Sternwarte sei. Burnham fand die Luft für astronomische Zwecke durchgehends sehr gut, er hatte „ausgezeichnete“ Luft in 42 Nächten, „mittelmäßige“ in 7 Nächten, neblige und wolkigen Himmel in 11 Nächten. Wenn es überhaupt klar war, konnte immer beobachtet werden; nur einmal mußten die Beobachtungen trotz klaren Wetters eine Stunde ausgesetzt werden. Auch blieben die Luftverhältnisse im Allgemeinen die ganze Nacht hindurch dieselben, und selbst heftiger Wind brachte keine wesentliche Verschlechterung der Bilder hervor. Zu obigen Angaben ist zu bemerken, daß Burnham unter „ausgezeichneter“ (first class) Luft eine solche versteht, welche die Anwendung der stärksten Vergrößerung (bei Burnham's Refraktor eine 400-fache) mit Vortheil gestattet, scharfe Bilder giebt und die schwierigsten Doppelsterne innerhalb der Kraft des Instruments zu messen erlaubt. In einer solchen Nacht erkannte Burnham mit dem erwähnten Refraktor eine Verlängerung von 0" 4 bei Sternen, die heller sind als 8. oder 9. Größe und erblickte mit Leichtigkeit alle Doppelsterne des Struve'schen Katalogs. „Mittelmäßig“ nennt dagegen Burnham die Luft, wenn bloß ungefähr 200-fache Vergrößerung mit Vortheil verwendbar ist. Derselbe hat die verschiedensten Objekte geprüft, vorzüglich aber sind seine Beobachtungen von Doppelsternen von Interesse. Es gelang ihm 90 Doppelsterne zu messen und 42 neue zu entdecken; bei 5 Paaren, die schon von J. Herschel, Struve und South beobachtet worden, zeigte sich der Begleiter wieder doppelt. Von großem Interesse sind auch die Beobachtungen, die Burnham anstellte, indem er durch vorgesezte Kartons die Oeffnung seines Fernrohrs soweit verringerte, daß der kleine Stern eines Paares eben noch sichtbar war. So konnte von  $\mu^2$  im Herkules, einem sehr engen Paar, der Begleiter bei voller Oeffnung (6 Zoll) deutlich gesehen werden; der Begleiter von  $\alpha^2$  im Steinbock war schon bei 4 Zoll Oeffnung sichtbar und erschien doppelt bei 6 Zoll. Burnham ist überzeugt, daß diese Objekte noch nie anderwärts in einem Fernrohr von so kleiner Oeffnung gesehen worden sind. Ein Zeugniß für die außerordentliche Durchsichtigkeit der Luft liefert auch die Tagesbeobachtung. Venus konnte zu jeder Tageszeit mit bloßem Auge aufgefunden werden; im Fernrohr

waren Doppelsterne wie  $\epsilon$  im Bootes und  $\epsilon$  in der Leier ebenfalls am Tage leicht sichtbar; der 5. und 6. Stern im Trapez des Orion waren in der Dämmerung, kurz vor Sonnenaufgang sehr schön wahrzunehmen.<sup>1)</sup>

Auch von anderer Seite wird die ausgezeichnete Durchsichtigkeit der Luft in größeren Höhen in diesen Gegenden bezeugt. So berichtet Prof. Davidson von der nordamerikanischen Küstenvermessung in seinem Werk über die Sierra Nevada, daß er in der Höhe von 10,000 Fuß den 5zölligen Spiegel eines Heliotropen aus einer Entfernung von 175 engl. Meilen gesehen habe. Diesem Gewährsmann zufolge kann man auf dem Mount Hamilton auf 250 Nächte jährlich rechnen, in denen die Durchsichtigkeit der Luft gut ist, darunter 150 solche, wie sie im Osten der Union nur selten sind.

Auch die Republik Mexiko, deren Klima für astronomische Beobachtungen vorzüglich geeignet ist, besitzt seit einigen Jahren eine Sternwarte. Durch Beschluß der Regierung vom 18. December 1876 wurden nämlich die Gebäude auf dem Felsen von Chapultepec in der Nähe der Hauptstadt Mexiko, einem Platze, an welchem ehemals ein Palast Montezuma's und später das Schloß eines spanischen Vicekönigs stand, zu einer Sternwarte, verbunden mit meteorologischem und magnetischem Observatorium bestimmt, und im Mai 1877 fing man unter Leitung des Ingenieurs Angel Anguiano an, Einrichtungen zur Aufstellung eines Zenithfernrohres von 76 mm Oeffnung und 1,15 m Brennweite von Troughton und Simms und eines Altazimuthes von derselben Firma mit Fernrohr von 83 mm Oeffnung und 0,85 m Focaldistanz zu treffen. Es wurden für diese Instrumente zwei benachbarte isolierte Mauerkegel errichtet, die mit Drehkuppeln überdeckt sind, und zwischen beiden fand noch eine die Sternzeit angegebende Uhr eines mexikanischen Künstlers Vasquez ihre Aufstellung. Die Beobachtungen begannen im Mai und August 1878 und hatten, wie aus dem ersten, 1880 von Anguiano erstatteten Jahresbericht hervorgeht, bis Ende 1879 hauptsächlich den Zweck, die geographische Lage der Sternwarte festzustellen. Als Resultat ergibt sich die

$$\text{Breite} = 19^{\circ} 25' 17'' 38 \pm 0'' 43,$$

1) Nature XXII, p. 515.

Länge =  $6^h 35^m 38^s 24$  westlich von Greenwich.  
Wir wenden uns nun den astronomischen Arbeiten und Entdeckungen der letzten Zeit zu.

### Sonne.

Parallaxe. — Den im vor. Jahrg. dieses Jahrb. S. 3 u. f. gegebenen Werthen der Sonnenparallaxe fügen wir zunächst den Inhalt einer Note von Todd über die Resultate bei, welche aus den von den amerikanischen Expeditionen beim Venusdurchgang von 1874 gewonnenen Photographien abgeleitet worden sind.<sup>1)</sup> Es wurden auf der nördlichen Hemisphäre im Ganzen 84 Photographien erhalten, nämlich in Wladiwostok 13, Nagasaki 45, Peking 26, auf der südlichen Halbkugel aber 129, und zwar auf den Kerguelen 8, zu Hobart Town 37, Campbelltown 32, Queenstown 45 und auf der Chatham-Insel 7. Aus diesen 213 Photographien ist für den Newcomb'schen Werth der Parallaxe =  $8'' 848$  eine Korrektur von  $0'' 035 \pm 0'' 034$  abgeleitet worden, und die Sonnenparallaxe würde hiernach  $8'' 883$  sein; die unverhältnißmäßige Größe des wahrscheinlichen Fehlers ( $0'' 034$ ) zeigt aber die Unzuverlässigkeit dieser Bestimmung.

Ueberhaupt hat sich die Photographie als ein Hilfsmittel von sehr zweifelhaften Werth bei den Beobachtungen der Venusdurchgänge behufs Ermittlung der Sonnenparallaxe erwiesen. Dies ist auch der Grund, weshalb man sich seitens der deutschen Astronomen bei dem im December 1882 bevorstehenden Vorübergang der Venus vor der Sonne auf die heliometrische Methode der Beobachtung beschränken wird. Von diesem Venusdurchgange ist die nächste genauere Feststellung der Sonnenparallaxe zu erwarten, und es werden die Nationen, welche 1874 Beobachtungsexpeditionen aussandten, auch diesmal wieder sich an den Beobachtungen betheiligen. Zur Feststellung allgemeiner bei den Beobachtungen einzuhaltender Grundsätze wurde im vorigen Jahre eine internationale Kommission niedergesetzt, welche am 5. Oktober im Gebäude des Unterrichtsministeriums in Paris unter dem Ehrenpräsidium des Ministers Jules Ferry zusammentrat. Vorsitzender war der Chemiker Dumas, be-

1) Comptes rendus, XCII, p. 1328.

ständiger Sekretär der Pariser Akademie; als Vice-Präsidenten fungierten die Direktoren der Sternwarten von Berlin und Wien, die Professoren Förster und Weiß, als Sekretär der Pariser Akademiker Tisserand und der Direktor der Sternwarte zu Neuchâtel, Hirsch. Außerdem nahmen theil für Frankreich: der Marine-Hydrograph A. Bouquet de la Grye, Vice-admiral Paris, der Direktor der Sternwarte zu Nizza, Perrotin, und der Akademiker Puisseux, für Norwegen: Dr. S. J. Broch, für Spanien: Linien-Schiffskapitän Cecilio Pujazon, für Italien: Professor Govi, für Brasilien: der Astronom Pais, für Argentinien: Oberst Lucio Victorio Mansilla, für Chile: Dr. E. W. Moesta, für Dänemark: E. F. Pechuele, für Holland: J. A. C. Dudemans und Prof. van de Sande Bachhuizen, für Portugal: Tomâs de Azcarate und Dr. A. S. Birgas.<sup>1)</sup>

Inzwischen ist eine neue Methode, die Sonnenparallaxe durch Venusbeobachtungen zu bestimmen, von Prof. Winnecke in Straßburg vorgeschlagen worden<sup>2)</sup>. Als derselbe am 14. März 1881 um die Zeit des Sonnenuntergangs den großen Refraktor der Straßburger Sternwarte auf den Planeten Venus richtete, machte er eine Wahrnehmung, welche ihm einzig in den Annalen der Sternkunde dazustehen scheint und ihm Veranlassung wurde, die Verwendbarkeit derartiger Beobachtungen zur Ermittlung des Werthes der Sonnenparallaxe in Ueberlegung zu ziehen. Er sah zunächst, wie auch früher und später gelegentlich, deutliche dunkelgraue Flecke auf der Scheibe; in der Nähe der Hörner, besonders auffallend am Nordhorn, zeigten sich sehr helle weiße Flecken, welche lebhaft an die Polarflecken des Mars erinnerten. Indem nun Winnecke die Umgebung des Planeten durchmusterte, um möglicherweise einen Satelliten zu entdecken, dessen Existenz oder Nichtexistenz ja immer noch fraglich ist, erblickte er ein Sternchen, das dem Planeten nördlich etwa 5 Sekunden folgte. Da seine Helligkeit mit Rücksicht auf die sehr helle Dämmerung 9. Größe geschätzt wurde, so konnte ein derartiger Satellit dem Beobachter an den vorhergehenden

1) Die von dieser Kommission beschlossenen Instruktionen s. in den Comptes rendus, XCIII, p. 560.

2) Astron. Nachr. Bd. 100, Nr. 2377, S. 5.



Tagen nicht wohl entgangen sein; war es ein Fixstern, so mußte Venus, deren Durchmesser kurz zuvor am Fadenmikrometer  $33'' 75$  gefunden worden war, denselben bald bedecken. In der That war auch schon nach wenig Minuten die Verminderung des Abstandes augenfällig, und um 6 Uhr 47 Min. 9 Sek. mittl. Straßb. Zt. wurde der Eintritt am Rande der Venus auf die Sekunde sicher beobachtet. Eine Schwächung des Lichtes des Sternes, auf welche sorgfältig geachtet wurde, trat vielleicht eine Sekunde vorm Eintritt ein, sicher nicht früher. Die Senkrechte von der Eintrittsstelle auf die beide Hörner verbindende Sehne traf diese in  $0,45$  ihrer Länge vom nördlichen Horn entfernt; der Durchgang war also ein fast centraler. Da Venus sich damals in einer Zeitsekunde um  $0'' 032$  bewegte, so ergab die Beobachtung mit mindestens dieser Sicherheit eine Bestimmung für die Lage eines Punktes auf der Peripherie des Planeten. Die Beobachtung war übrigens nicht schwierig und nach Winnecke's Urtheil werden ähnliche Wahrnehmungen noch wesentlich erleichtert, wenn man durch passende Blendungen das helle Licht der Planetenscheibe abhält. Der Austritt wurde wegen ungünstiger Luftbeschaffenheit nicht beobachtet.

Winnecke wirft nun die Frage auf, „ob man nicht derartige Eintritte von Sternen am nicht erleuchteten Venusrande, beobachtet an sehr verschiedenen Orten der Erde, zur Bestimmung der Parallaxe, sowie auch des Durchmessers der Venus benutzen kann? Durch die Beobachtung vom 14. März sei wenigstens die große Sicherheit derartiger Beobachtungen außer Zweifel gestellt.

Man wird nun zunächst fragen müssen, wie häufig solche Bedeckungen stattfinden? Bezüglich des Saturn hat Winnecke früher (im 47. Bd. der Astron. Nachr.) die anloge Frage untersucht und gefunden, daß dieser Planet durchschnittlich aller zwei Jahre einen Stern der ersten neun Größenklassen bedeckt. Bei der viel rascheren Bewegung der Venus und ihrem viel größeren scheinbaren Durchmesser in den Zeiten, welche allein hier in Frage kommen, werden aber Bedeckungen von Sternen durch die Venus, welche sich an den großen Refraktoren der Neuzeit beobachten lassen, ungleich häufiger sein.

Aber nicht nur die Bedeckungen, sondern auch die nahen Konjunktionen der Venus mit Fixsternen am Abend- oder Morgenhimmel findet Winnecke für den angegebenen Zweck beach-

tenswerth. Allerdings werden Distanzmessungen mittels mikrometrischer Apparate wegen der durch die Inflexions- und Beugungsercheinungen verursachten, in verschiedenen, optischen Apparaten verschiedenen Verunstaltungen des Durchmessers des Planeten, kaum zum Ziele führen. Dagegen bieten Messungen von Positionswinkeln Aussicht auf Erfolg. Benutzt man ein Fädenpaar, dessen Abstand größer ist als der Durchmesser der Venus, so läßt sich der Positionswinkel eines Fixsternes stets unmittelbar im Bezug auf den Mittelpunkt der Venus beobachten. Zur Zeit der Stillstände wird aber bei einem Abstände eines Sternes vom Venuscentrum von einer Bogenminute durch die Parallaxe im günstigsten Falle der Positionswinkel gegen den für den Mittelpunkt der Erde geltenden um volle  $25^{\circ}$  verschoben.

Spektroskopische Arbeiten. — Die im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 196 u. f. erwähnten Arbeiten von Ch. Fizez und namentlich eine auf dieselben sich stützende Aeußerung von Stas, daß die Dissociation der elementaren Körper in der Temperatur der Sonne noch nicht nachgewiesen sei, haben Lockyer zu einem genaueren Studium der Spectrallinie des Eisens in der Sonne veranlaßt. In einem Schreiben an Dumas<sup>1)</sup>, welches über diese Arbeiten berichtet, macht derselbe noch darauf aufmerksam, daß er nicht der Erste gewesen, der eine Dissociation der irdischen Elemente auf der Sonne angenommen, sondern daß schon vor ihm der (am 24. November 1880 verstorbene) Chemiker Sir Benjamin Brodie zu der gleichen Ansicht gelangt sei und dieselbe 1867 veröffentlicht habe.

Lockyer hat speciell die Eisenlinien zwischen den Fraunhofer'schen Linien F und D genauer untersucht und auf einer Anzahl Karten die Verschiedenheiten zur Darstellung gebracht, welche sich in diesen Linien herausstellen, wenn man die Bedingungen des Versuches auf verschiedene Weise abändert. Doch hat derselbe sich nicht auf Versuche beschränkt, sondern er hat auch alle Beobachtungen zu Hilfe genommen, die in dem letzten Jahrzehnt bezüglich der Eisenlinien und ihrer Veränderung an den Flecken und Protuberanzen der Sonne gemacht worden sind.

1) Comptes rendus XCII, p. 904.

Als Hauptergebnisse seiner Arbeit stellt Voçher nun folgende hin:

1) Die Anzahl der Linien, welche in dem Fleckenspektrum verbreitert erscheinen, ist nur klein; von den Linien, welche bei Verflüchtigung des metallischen Eisens entstehen, wird nur der zehnte Theil stark verändert.

2) Aus Tacchini's Protuberanzenbeobachtungen seit 1872 und hundert Fleckenbeobachtungen Voçher's ergiebt sich, daß die Spektren der Protuberanzen und der Flecken zwischen den Fraunhofer'schen Linien F und b nicht eine einzige Eisenlinie gemeinschaftlich haben, so daß beide Spektren in dieser Region, wenn man das Eisenspektrum nicht kennt, ganz verschiedenen Elementen anzugehören scheinen.

3) Die Beschaffenheit der dicksten Linien im Fleckenspektrum deutet an, daß die sie erzeugenden Dämpfe sehr kompliziert sind, denn wir können diese Linien nicht in kontinuierliche Reihen bringen, wie es möglich sein müßte, wenn es sich um successive Dissociationen ähnlicher Molekeln handelte, und wie es beim Kohlendampf wirklich der Fall ist.

4) Die von Tacchini in den Spektren der Protuberanzen beobachteten Linien sind im allgemeinen diejenigen, welche man am glänzendsten sieht, wenn man von einer sehr kräftigen Induktionsspirale Gebrauch macht, und diese Linien werden auch in den Spektren anderer Substanzen als Eisen wahrgenommen, bei Temperaturen, in denen die charakteristischen Linien des Eisens absolut unsichtbar sind.

5) Viele Linien, die man in den Spektren der Flecken verbreitert sieht, werden auch in dem Spektrum des durch ein Oxygengasgebläse erzeugten Eisendampfes beobachtet.

6) Aus der vollständigen Unähnlichkeit der Spektren der Flecken und Protuberanzen bezüglich der Eisenlinien folgt, daß das Sonnenspektrum die Resultante ist von Absorptionen, die in den verschiedenen Regionen ihrer Atmosphäre vor sich gehen, in der Region der Flecken, derjenigen der Protuberanzen und andern. „Wir können die Protuberanzen und Sonnenflecken als ungeheure Regenerativ-Öfen betrachten, die so angelegt sind, daß keine Spur festen Metalls in sie eindringen kann, und von denen die einen durch die tieferen und heißeren Regionen der Sonnenatmosphäre, die anderen von den oberen Regionen, welche

die kältesten sind, gespeist werden, sodaß die Temperatur der Protuberanzen und Flecken ungeheuer verschieden sein müssen.

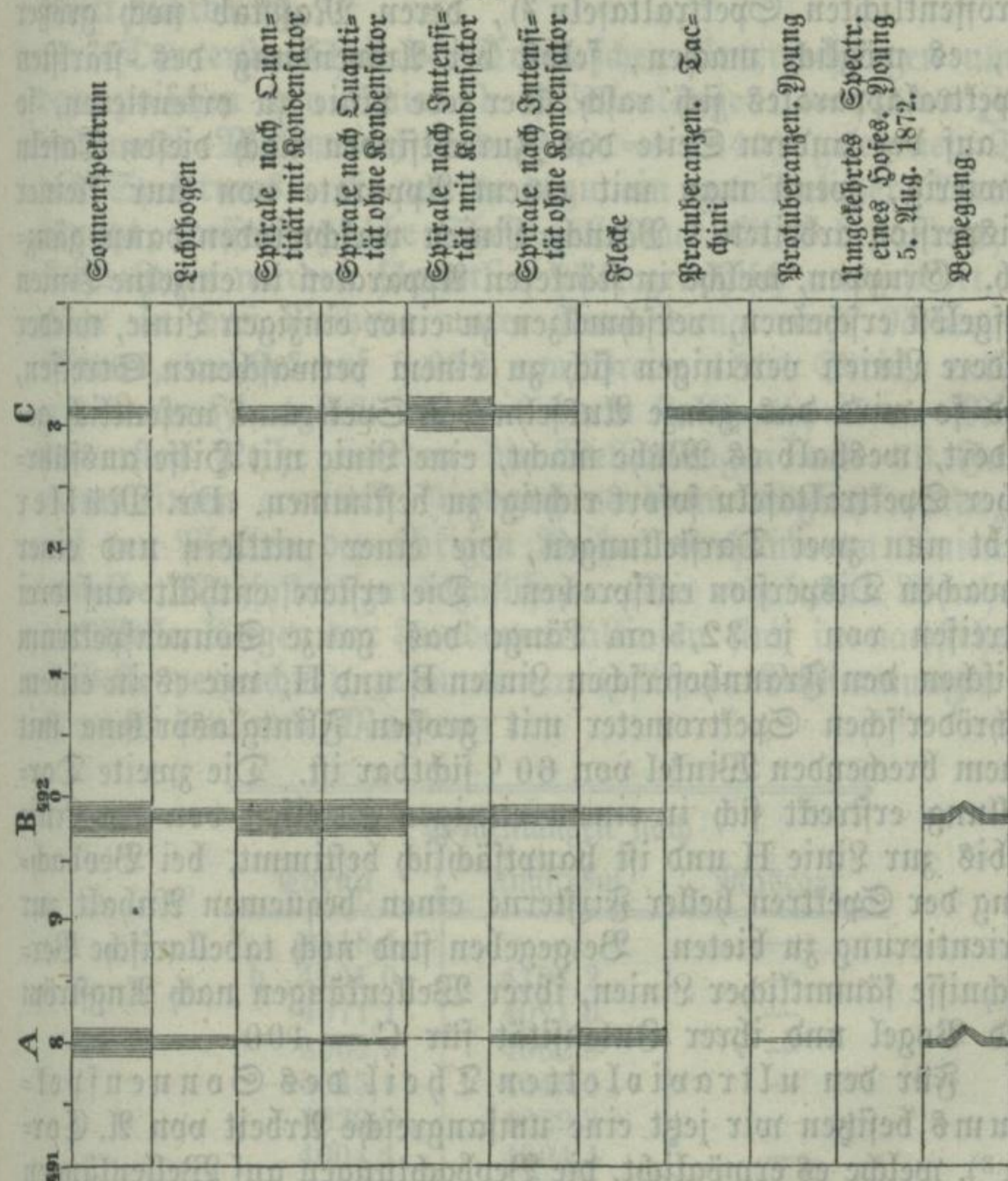
Abgesehen von diesen Vorbehalten giebt Lockyer zu, daß der Einwand derjenigen, die einer Eisenmolekel die Eigenschaft beilegen wollen, daß sie ihr Spektrum bei jeder Temperaturänderung vollständig ändern kann, nicht endgültig widerlegt ist. Er giebt aber eine Reihe von Beobachtungen, die er jüngst gemacht hat, und welche diese Widerlegung ermöglicht.

Dieselben betreffen den Grad der Bewegung der Dämpfe in den Sonnenflecken, welcher angezeigt wird durch die Aenderung der Brechbarkeit der Linien. Würden alle Linien eines Sonnenflecks durch Eisendampf erzeugt, der sich mit einer Geschwindigkeit von 40 km in der Sekunde bewegt, so müßten alle Linien ihre Brechbarkeit gleichmäßig ändern. In Wahrheit aber werden von verschiedenen Linien verschiedene Geschwindigkeiten angezeigt, ja man beobachtet in den Graden der Bewegung dieselben Umkehrungen wie in der Breite der Linien. Diese Thatsachen erklären sich leicht, wenn man Dissociationen voraussetzt.

In den schönen Flecken, die am 24. Dezember 1880, 1. und 6. Januar 1881 sichtbar waren, erschien eine bestimmte Anzahl von Linien des Eisenspektrums gewunden, während andere gerade blieben. Die Figur 2 zeigt die Art der Aenderung an drei mit A, B, C benannten Eisenlinien, deren Wellenlängen 4918, 4919,7 und 4923,2 sind. Im Spektrum der Sonne ist B am breitesten, in dem das elektrische Lichtbogens fehlt C, bei Anwendung einer Induktionsspirale, die nach Quantität geordnet und mit Kondensator versehen ist, erscheint B am breitesten; ohne Kondensator ist C kaum sichtbar. Bei der nach Intensität geordneten Spirale mit Kondensator ist C am breitesten, während ohne Anwendung des Kondensators C nur unbedeutend ist. Bei 100 Flecken sind A und B 75 mal ohne C gesehen worden, und niemals hat man C breiter werden sehen. Tacchini hat C allein gesehen in 52 von 100 von ihm beobachteten Protuberanzen; niemals hat er A und B gesehen. Young hat A und C ohne B gesehen im Protuberanzspektrum zur Zeit des Fleckenmaximums. Lockyer hat A und B gekrümmt gesehen als Zeichen von Bewegung, während C gerade blieb.

Deshalb müssen die Fraunhofer'schen Linien, unter denen man A, B und C sieht, C von den heißen Gegenden der Protuberanzen und B und A von den kühleren Regionen der Flecken ablenken. Es scheint keinen Ort zu geben, wo die Dämpfe

Fig. 2.



A, B und C zusammen hervorbringen können. „Sonach giebt es kein Eisen in dem Kern der Sonne, sondern nur seine Bestandtheile, und diese existieren in verschiedenen Höhen der Sonnenatmosphäre und erzeugen kompliziertere Formen nur durch Kondensation.“

Darstellungen des Sonnenspektrums bei mittlerer und schwacher Dispersion sind von Dr. Müller

vom Astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam veröffentlicht worden <sup>1)</sup>. Dieselben dürften Astronomen wie Physikern nicht unerwünscht sein; denn wenn auch Kirchhoffs und Angströms Tafeln des Sonnenspektrums und die kürzlich vom Direktor des Astrophysikalischen Observatoriums, Prof. Vogel, veröffentlichten Spektraltafeln <sup>2)</sup>, deren Maßstab noch größer ist, es möglich machen, selbst bei Anwendung des stärksten Spektralapparates sich rasch über jede Linie zu orientieren, so ist auf der andern Seite das Zurechtfinden nach diesen Tafeln schwierig, wenn man mit einem Apparate von nur kleiner Dispersion arbeitete. Manche Linien verschwinden dann gänzlich. Gruppen, welche in stärkeren Apparaten in einzelne Linien aufgelöst erscheinen, verschmelzen zu einer einzigen Linie, wieder andere Linien vereinigen sich zu einem verwaschenen Streifen, und so wird das ganze Aussehen des Spektrums wesentlich geändert, weshalb es Mühe macht, eine Linie mit Hilfe ausführlicher Spektraltafeln sofort richtig zu bestimmen. Dr. Müller giebt nun zwei Darstellungen, die einer mittlern und einer schwachen Dispersion entsprechen. Die erstere enthält auf drei Streifen von je 32,5 cm Länge das ganze Sonnenspektrum zwischen den Fraunhoferschen Linien B und H, wie es in einem Schröder'schen Spektrometer mit großen Flintglasprisma mit einem brechenden Winkel von  $60^\circ$  sichtbar ist. Die zweite Darstellung erstreckt sich in einem einzigen Streifen von der Linie C bis zur Linie H und ist hauptsächlich bestimmt, bei Beobachtung der Spektren heller Fixsterne einen bequemen Anhalt zur Orientierung zu bieten. Beigegeben sind noch tabellarische Verzeichnisse sämtlicher Linien, ihrer Wellenlängen nach Angström und Vogel und ihrer Intensität für  $C = 100$ .

Für den ultravioletten Theil des Sonnenspektrums besitzen wir jetzt eine umfangreiche Arbeit von A. Cornu <sup>3)</sup>, welche es ermöglicht, die Beobachtungen auf Wellenlängen zu reducieren, die also für diese Partie dasselbe leistet, wie die Arbeiten von Angström und Vogel für den direkt sichtbaren

1) Publikationen des Astrophysik. Observatoriums, Bd. 2 Nr. 2.

2) Dieselben, Bd. 1, Nr. 3.

3) Sur le spectre normal du soleil. Partie ultra-violette. Annales de l'Ecole Normal. T. III, p. 421; T. IX, p. 21. Auszug in der Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellsch. 16. Jahrg. S. 145.

Theil des Sonnenspektrums. Es füllt daher die Cornu'sche Arbeit eine Lücke aus, die sich vorher um so mehr fühlbar machte, als die ultravioletten Sonnenstrahlen nicht nur in rein physikalischer, sondern auch in astrophysikalischer Hinsicht ein mindestens ebenso großes Interesse beanspruchen dürfen, als die direkt sichtbaren.

Der erste Theil der Cornu'schen Untersuchungen umfaßt den zwischen den Linien h (Wellenlänge  $\lambda = 4100$  Zehnmilliontel-Millimeter) und O ( $\lambda = 3440$ ) gelegenen Theil des Spektrums. Es wurde dazu ein gewöhnlicher Theodolit benutzt, dessen optische Theile alle aus Glas bestanden; die Aufnahmen wurden sämtlich photographisch ausgeführt, und zwar in drei Reihen: unter Anwendung eines Robert'schen Gitters, welches auf 6,672 mm Breite 1801 Striche enthielt, mit einem Flintglas- und mit einem Kalkspathprisma. Mittels der ersten Reihe wurden die Wellenlängen von 36 Fundamentallinien ermittelt, wodurch es dann möglich wurde, die auf den Platten der übrigen Reihen vorhandenen Linien auf dasselbe Maßsystem zurückzuführen. Die erhaltenen Werthe für die Wellenlängen der Fundamentallinien sind in nachstehender Tabelle verzeichnet, zusammen mit älteren Bestimmungen von Angström und Mascart:

| Wellenlängen nach     |          |         |
|-----------------------|----------|---------|
| Cornu                 | Angström | Mascart |
|                       | —        | —       |
| h 4118,1              | —        | —       |
| 4101,0                | 4101,2   | —       |
| 4071,1                | 4071,0   | —       |
| 4062,9                | 4062,9   | —       |
| 4045,1                | 4045,0   | —       |
| 4029,9                | 4029,3   | —       |
| 4004,4                | 4004,4   | —       |
| 3986,1                | 3988,0   | —       |
| H <sub>1</sub> 3967,6 | 3968,2   | 3967,2  |
| 3952,0                | 3951,5   | —       |
| H <sub>2</sub> 3932,9 | 3933,0   | —       |
| 3922,1                | —        | —       |
| 3904,8                | —        | —       |
| 3894,7                | —        | —       |
| 3877,4                | —        | —       |
| 3859,3                | —        | —       |

|   |  | Wellenlängen nach |          |         |
|---|--|-------------------|----------|---------|
|   |  | Cornu             | Angström | Mascart |
|   |  | 3837,5            | —        | —       |
| L |  | 3819,6            | —        | 3819,0  |
|   |  | 3806,4            | —        | —       |
|   |  | 3785,3            | —        | —       |
|   |  | 3763,3            | —        | —       |
|   |  | 3745,2            | —        | —       |
| M |  | 3726,8            | —        | 3728,8  |
|   |  | 3705,4            | —        | —       |
|   |  | 3687,1            | —        | —       |
|   |  | 3666,2            | —        | —       |
|   |  | 3647,0            | —        | —       |
|   |  | 3630,8            | —        | —       |
|   |  | 3618,0            | —        | —       |
|   |  | 3608,2            | —        | —       |
| N |  | 3580,5            | —        | 3580,2  |
|   |  | 3556,3            | —        | —       |
|   |  | 3525,7            | —        | —       |
|   |  | 3496,8            | —        | —       |
| O |  | 3439,7            | —        | 3440,1  |
| P |  | 3369,8            | —        | 3360,2  |

Die Uebereinstimmung der Cornu'schen Werthe mit den älteren ist, wie man sieht, eine sehr befriedigende; daß bei P eine beträchtliche Abweichung vorhanden ist, findet seine vollständige Erklärung darin, daß dieser Theil des Spektrums mit Glasapparaten nur sehr undeutlich sichtbar ist.

Im zweiten Theile seiner Arbeit untersucht Cornu den Theil des Spektrums, welcher brechbarer ist als O und für dessen Studium optische Apparate aus anderen Substanzen als Glas erforderlich sind. Principiell ist das Verfahren, welches zur Anwendung kam, allerdings dem für den andern Theil benutzten gleich; aber die Berücksichtigung der Schwierigkeiten, welche sich der Untersuchung dieser äußersten Strahlungen entgegen stellen, hat auf verschiedene Modifikationen geführt, und so ist es Cornu gelungen, seine Untersuchungen bedeutend weiter auszudehnen, als das seinen Vorgängern möglich war, und zwar bis zu einer Grenze, welche wahrscheinlich wegen der absorbierenden Wirkungen der Atmosphäre überhaupt nicht überschritten werden kann. Während Mascart's äußerste Linie R die Wellenlänge 3177 hat, erstreckt sich Cornu's Zeichnung



bis zu  $\lambda = 2748$ . Doch ist die äußerste Strecke von  $\lambda = 3100$  an nicht direkt an dem Sonnenspektrum erhalten, sondern aus dem Eisenspektrum aufgenommen worden unter der Voraussetzung, daß sämtlichen Linien dieses Metalles dunkle Linien im Sonnenspektrum entsprechen. Diese Annahme Cornu's gewinnt aber große Wahrscheinlichkeit durch den Umstand, daß der der Untersuchung zugängliche Theil des ultravioletten Spektrums fast gänzlich aus Eisenlinien besteht. Für die Wellenlängen der Linien des Sonnenspektrums erhielt nun Cornu als Mittel aus den an fünf verschiedenen Platten gemachten, gut mit einander übereinstimmenden Bestimmungen die Werthe

| Linie          | $\lambda$ | Linie                         | $\lambda$ |
|----------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| H $\gamma$     | 4340,8    | O                             | 3441,0    |
| h = H $\delta$ | 4100,5    | P                             | 3360,0    |
| H <sub>1</sub> | 3968,1    | Q                             | 3286,3    |
| H <sub>2</sub> | 3933,3    | R                             | 3179,8    |
| L              | 3819,6    | r                             | 3144,7    |
| M              | 3726,2    | S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> | 3103,1    |
| N              | 3581,8    | Spur.                         | 3069,5    |

Unter Anwendung des im ersten Theile der Arbeit benutzten Robert'schen Gitters und eines von 50 Bunsen'schen Elementen zwischen Eisenelektroden erzeugten Volta'schen Lichtbogens wurde dann die Bestimmung bis  $\lambda = 2748$  fortgesetzt. Die gewonnenen Resultate sind in folgender Tabelle verzeichnet.

| Linie | Eisen-<br>spektrum | Werthe<br>der vorigen<br>Tabelle | Ältere Bestimmungen |         |
|-------|--------------------|----------------------------------|---------------------|---------|
|       |                    |                                  | Cornu               | Mascart |
| —     | 4070,4             | —                                | 4071,1              | —       |
| H     | 3968,5             | 3968,1                           | 3967,6              | 3967,2  |
| L     | 3820,8             | 3819,6                           | 3819,6              | 3819,0  |
| M     | 3728,5             | 3726,2                           | 3726,8              | 3728,8  |
| N     | 3582,9             | 3581,8                           | 3580,5              | 3580,2  |
| O     | 3441,1             | 3441,0                           | 3439,7              | 3440,1  |
| P     | —                  | 3360,0                           | 3359,8              | 3360,2  |
| —     | 3307,3             | —                                | —                   | —       |
| Q     | 3287,6             | 3286,3                           | —                   | 3285,6  |
| R     | —                  | 3179,8                           | —                   | 3177,5  |
| —     | 3196,2             | —                                | —                   | —       |

| Linie          | Eisen-<br>spektrum | Werthe<br>der vorigen<br>Tabelle     | Ältere Bestimmungen |         |
|----------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------|---------|
|                |                    |                                      | Cornu               | Mascart |
| S <sub>2</sub> | 3100,0             | S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> 3103,1 | —                   | —       |
| —              | 3042,1             | —                                    | —                   | —       |
| —              | 3025,2             | —                                    | —                   | —       |
| T              | 3020,0             | —                                    | —                   | —       |
| —              | 2984,4             | —                                    | —                   | —       |
| —              | 2954,3             | —                                    | —                   | —       |
| U              | 2948,4             | —                                    | —                   | —       |
| —              | 2937,3             | —                                    | —                   | —       |
| —              | 9228,9             | —                                    | —                   | —       |
| —              | 2753,9             | —                                    | —                   | —       |
| —              | 2747,8             | —                                    | —                   | —       |

Mit Hilfe dieser Bestimmungen läßt sich für jede in der Zeichnung des prismatischen Spektrums vorkommende Linie die entsprechende Wellenlänge  $\lambda$  ableiten. Dazu kann man zwischen O und r die empirische Formel

$$(\Delta - 49^{\circ} 30' 34) (\lambda - 1801,5) = 67598,$$

von r bis U aber die Formel

$$(\Delta - 49^{\circ} 43' 80) (\lambda - 1777,8) = 66919$$

benutzen, in welchen Formeln  $\Delta$  die Deviation bedeutet und der erste Faktor in Bogenminuten auszudrücken ist.

Ueber die Vertheilung der Wärme im Sonnenspektrum hat neuerdings Prof. Langley mit einem neuen Instrument, das er „Bolometer“ (griech. „Strahlenmesser“) nennt, Studien angestellt, die ihn zu dem Ergebnis geführt haben, daß das Maximum der Wärme nicht in dem infrarothem Theil des Spektrums liegt, wie bisher allgemein angenommen wird, sondern im Orange in der Nähe der Linien D. Indessen läßt sich die Richtigkeit dieses Satzes noch bezweifeln; vgl. die näheren Angaben in der „Wärmelehre“ bei der Beschreibung des Bolometers.

Sonnenflecke und Protuberanzen sind auch in den vergangenen Jahren vielfach Gegenstand der Beobachtung gewesen. Auf dem astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam beobachteten Prof. Spörer und Dr. Kempf im Jahre 1880 an 253 Tagen (24 mehr als im Vorjahr), von denen nur 17 fleckenfrei waren (gegen 143 im Jahr 1879). Während 1879 nur 39 isolirte Flecke und Fleckengruppen gezählt

wurden, belief sich die Zahl derselben im Jahre 1880 auf 131. Protuberanzen wurden an 76 Tagen 560 beobachtet, und zwar die meisten im März, August und September, nämlich an 11, 17 und 10 Tagen beziehentlich 80, 146 und 90.<sup>1)</sup>

Die Fleckenmenge war in den Jahren 1880 und 1881 auf der nördlichen Halbkugel der Sonne entschieden größer als auf der südlichen. Nach Spoerer kommen nämlich auf die nördliche Halbkugel

im Jahr 1880 . . . . 58 Procent,  
 = = = 1881 . . . . 56

aller Flecken.<sup>2)</sup> Dies ist aber immer in den Jahren nach einem Minimum der Fall; im Gegentheil hat zweimal vorher in solchen Jahren die südliche Halbkugel das Uebergewicht gehabt, denn es kamen auf dieselbe

1858 . . . . 69 Proc.      1868 . . . . 61 Proc.  
 1859 . . . . 55      1869 . . . . 53

In dem Zeitraum von 1857 bis 1866 ist dieses Uebergewicht der südlichen Halbkugel durch andere Jahre fast ganz ausgeglichen worden; in den Jahren 1868 bis 1877 aber hat keine derartige Ausgleichung stattgefunden, und es kommen in diesem Zeitraum auf die südliche Halbkugel 53, auf die nördliche nur 47 Procent.

Bezüglich der Periodicität der Sonnenflecke macht Prof. Wolf in Zürich darauf aufmerksam, daß allerdings die ersten Beobachter derselben, Fabricius, Galilei und Scheiner, die Periodicität kaum ahnen konnten, daß aber schon im 17. und noch mehr im 18. Jahrhundert genügendes Beobachtungsmaterial vorgelegen habe, um die Länge der Periode zu berechnen, und zwar würde bei Anwendung der heutigen Methoden gefunden haben

Picard im Jahr 1675 . . . 11,470  $\pm$  0,723 Jahr,  
 Kost = = = 1727 . . . 11,235  $\pm$  0,485 =  
 Horrebow = = = 1778 . . . 10,920  $\pm$  0,354 =  
 Schwabe = = = 1837 . . . 11,120  $\pm$  0,352 =  
 während Wolf selbst 1880 gefunden hat 11,132  $\pm$  0,278  
 Jahr.<sup>3)</sup>

1) Publikationen des Astrophysik. Observatoriums, Bd. 2.

2) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2416, S. 249.

3) Astron. Nachr. Bd. 100, Nr. 2388, S. 191.

Ein merkwürdiges Spektrum eines Sonnenflecks wurde am 27. u. 30. November 1880 von Christie und Maunder in Greenwich beobachtet. Derselbe stand am 25. am Ost- rand der Sonne, und als man zwei Tage später sein Spektrum untersuchte, erschien dasselbe zwischen b und F von einer Anzahl starker dunkler Linien durchzogen, mit denen im gewöhnlichen Spektrum der Photosphäre keine Linien korrespondierten. Nur unter günstigen Umständen wurden im Sonnenspektrum ganz schwache Linien beobachtet, die mit ihnen korrespondierten, sie waren aber weder in Kirchhoff's, noch in Angström's Karten, noch schienen sie einem bekannten Elemente anzugehören. Durch sorgfältige Vergleichung mit Angström's Karte wurden ihre Wellenlängen wie folgt bestimmt:

|        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 5162,3 | 5148,9 | 5118,2 | 5095,2 | 5088,8 | 5062,7 |
| 5159,7 | 5135,3 | 5116,5 | 5093,4 | 5086,9 | 5061,1 |
| 5154,9 | 5134,0 | 5111,0 | 5091,2 | 5084,9 |        |

Dieselben starken dunkeln Linien sind auch zwischen Mai 1881 und 1882 in Greenwich regelmäßig in den Fleckenspektren beobachtet worden. Außerdem wurden auch in derselben Region einige schwache Linien beobachtet, die im Sonnenspektrum nicht vorhanden sind.<sup>1)</sup>

Die Zunahme der Sonnenthätigkeit seit dem letzten Fleckenminimum, welches nach Spörer 1878,85 (nach Wolf 1878,9) eintrat,<sup>2)</sup> tritt recht deutlich zu Tage, wenn man Höhe und Ausdehnung der Protuberanzen in den ersten und in den letzten Monaten des Jahres 1880 mit einander vergleicht. Den Beobachtungen zufolge, welche Perry auf der Sternwarte des Stony House College bei Lancaster anstellte, betrug nämlich die mittlere Höhe der Protuberanzen in den drei ersten Monaten beziehentlich 21"1, 21"5 und 21"9, in den drei letzten Monaten aber 23"2, 36"0, und 26"1. Die Winkelausdehnung am Rande war im Mittel in den drei ersten Monaten 7° 34'15", 7° 52'0", und 24° 35'40", in den drei letzten dagegen 37° 33'30", 33° 51'0" und 32° 34'25". Die höchste Protuberanz des Jahres wurde im November beobachtet und hatte eine Höhe von 147"9 oder 106,000 km.

1) Vgl. die Jahresber. von Greenwich 1880/81 und 1881/82 in Nature XXIV, p. 127 u. XXVI, p. 140.

2) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2402, S. 30.

Dasselbe Gesetz der Zunahme der Sonnenthätigkeit spricht sich auch in der Zahl der Eruptionen metallischer Dämpfe aus. Während Tacchini im Jahre 1880 an 198 Tagen nur 10 beobachten konnte, erhob sich die Zahl derselben im Jahr 1881 auf 40 und im ersten Drittel des laufenden Jahres sind schon 30 beobachtet worden. <sup>1)</sup>

Ein überraschend schnelles Verschwinden einer Protuberanz von bedeutenden Dimensionen beobachtete Prof. Spoerer auf dem astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam am 2. August 1881. <sup>2)</sup> Dieselbe erhob sich über breiter Basis intensiv leuchtend bis zur Höhe von etwa einer Bogenminute (über 40 000 km) und setzte sich dann noch als lockeres Gewebe, weniger stark leuchtend, fort. Indem der Sonnenrand vom tangential gestellten Spalt weiter und weiter entfernt wurde, blieben immer noch feine Gebilde sichtbar, zuletzt noch mühsam als matte Fäden erkennbar. Die ganze Höhe wurde auf vier Minuten geschätzt. Als Spoerer nach einer Zwischenzeit von etwa 5 Minuten die Höhe genauer bestimmen wollte, war der untere Theil der Protuberanz ganz verschwunden, und nur von den oberen Theilen blieb vereinzelt ein dünnes Gewölke in verschiedenen Höhen übrig.

Sehr rasche Veränderungen der Protuberanzen wurden auch in Greenwich beobachtet. (Vgl. den Jahresbericht für 1881/82 von Christie in Nature XXVI, p. 140).

Ueber die Erhaltung der Energie der Sonne hat C. William Siemens der Londoner Royal Society am 2. März d. J. eine Abhandlung vorgetragen <sup>3)</sup>, deren Hauptgedanken hier Platz finden mögen.

Auf Grund von Messungen mit Pouillet's Pyrheliometer und Herschel's Aktinometer hat man berechnet, daß jeder Quadratfuß Sonnenoberfläche stündlich 18 Millionen Wärmeeinheiten ausstrahlt, oder verständlicher gesprochen, soviel Wärme als bei der in 36 Stunden vor sich gehenden vollkommenen Verbrennung einer mit der Erde gleichgroßen Masse Kohle vom specifischen Gewicht 1,5 erzeugt wird.

Wäre die Sonne von einer festen Kugelschale umgeben,

1) Comptes rendus XCIV, p. 1032.

2) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2402, S. 30.

3) „On the conservation of solar energy“ im Natur XXV, p. 440.

deren Halbmesser gleich dem Abstand der Erde von der Sonne ist, so würde dieses ungeheure Quantum Wärme vollständig absorbiert werden. Da aber die Erde, von der Sonne aus gesehen, einen scheinbaren Durchmesser von nur 17'' hat, so kann dieselbe nur den 2250 millionsten Theil davon absorbieren, und wenn man annimmt, daß durch die übrigen Planeten der Betrag der absorbierten Menge verzehnfacht wird, so bleiben immer noch  $224\ 999\ 999/225\ 000\ 000$  der von der Sonne ausgestrahlten Wärme übrig, die in dem Weltraum ausgestrahlt werden und für das Sonnensystem verloren gehen.

Dieses ungeheuren Wärmeverlustes ungeachtet hat aber die Temperatur der Sonne, soviel uns bekannt, seit Jahrhunderten keine Verminderung erfahren, abgesehen von den periodischen Schwankungen, die augenscheinlich mit dem Sonnenfleckenstand zusammenhängen.

Verschiedene Hypothesen sind aufgestellt worden, um die scheinbare Unveränderlichkeit der Temperatur der Sonne zu erklären. So hat Helmholtz angenommen, daß der Wärmeverlust ersetzt wird durch die Wärme, welche in Folge der allmählichen Volumverminderung der Sonne frei wird. Dagegen erhebt aber Siemens den Einwand, daß die auf solche Weise frei werdende Wärme durch die ganze Masse vertheilt ist und erst durch Leitung oder Strömung an die Oberfläche gelangt; daß uns aber kein Körper von so großem Leitungsvermögen bekannt ist, wie zum Ersatz der enormen Wärmeverluste an der Oberfläche erforderlich wäre.

Auch an chemische Thätigkeit zwischen den Bestandtheilen der Sonne hat man gedacht; aber hier stößt man auf die Schwierigkeit, daß die entstandenen Verbindungen sich an der Oberfläche anhäufen und ein Hinderniß für die weitere Thätigkeit bilden müßten.

Endlich ist noch Mayer's Hypothese zu erwähnen, daß der Wärmeersatz erfolgt durch den Sturz unzähliger Meteor-massen zur Sonne. Wenn nämlich ein Meteorit auf die Sonne auftrifft und dadurch zur Ruhe kommt, so wird seine Bewegung in Wärme umgesetzt.<sup>1)</sup> Siemens erinnert aber daran, daß dann eine große Massenvermehrung der Sonne und in

1) Die Berechnung von Gräffe bezüglich des Quantum von Meteor-masse, das dazu nöthig ist, findet man in diesem Jahrbuch XIII, S. 40.

Folge davon eine Verkürzung der Umlaufzeiten der Planeten eintreten müßte, daß also auch die Länge des Jahres immer kleiner werden müßte.

Da diese verschiedenen Hypothesen ungenügend erscheinen, so versucht Siemens eine neue aufzustellen, derzufolge die strahlende Energie, die man bisher als für die Sonne verloren angesehen hat, ihr wieder in anderer Form zurückgegeben wird, sodaß sie abermals als strahlende Energie auftreten kann.

Siemens setzt zu dem Zwecke den Sternraum nicht leer voraus, sondern erfüllt mit äußerst verdünnter gasiger Materie, darunter Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und ihre Verbindungen, sowie feste Körper in Staubform. Jeder Weltkörper wird nun auf diese Massen eine Anziehung ausüben und aus denselben eine Atmosphäre um sich bilden, deren Dichte von seiner Anziehungskraft abhängt, wobei es wahrscheinlich ist, daß die schwereren und weniger diffundierbaren die Hauptmasse dieser Atmosphären bilden, so daß sie in der Hauptsache aus Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure bestehen, während Wasserstoff und seine Verbindungen vorwiegend im Raume bleiben. Aber nicht nur die einzelnen Glieder unseres Sonnensystemes werden auf solche Weise individuelle Atmosphären um sich gebildet haben, sondern auch das ganze Sonnensystem wird mit einer solchen Atmosphäre umgeben sein, welche den Raum zwischen den einzelnen Planeten erfüllt und bezüglich ihrer Dichte zwischen den planetarischen Atmosphären und der äußerst verdünnten Materie des Sternraumes steht.

Zur Unterstützung dieser Ansicht beruft sich Siemens darauf, daß es nach der kinetischen Gastheorie schwer hält, der Gasatmosphäre eine Grenze im Raume anzuweisen, und daß daher auch manche Schriftsteller, wie Grove, Humboldt, Zöllner, Mattieu Williams den Weltraum mit Materie erfüllt annehmen, ja daß auch, wie erst neuerdings Sterry Hunt berichtet hat, Newton selbst sich dieser Ansicht günstig geäußert hat. Außerdem erblickt Siemens auch in dem Gasgehalt der Meteoriten eine Stütze für seine Ansicht, wozu noch kommt, daß spektralanalytischen Beobachtungen zufolge die Kometenkerne wesentlich dieselben Gase enthalten wie die Meteoriten.

Wenn jemand den Einwand erheben wollte, daß doch die Sonne eigentlich die Hauptmasse der weniger diffundierbaren

und daher schwereren Gase, wie Kohlensäure, Kohlenoxydgas, Sauerstoff und Stickstoff an sich ziehen sollte, während die Spektralanalyse gerade das Ueberwiegen des Wasserstoffs auf der Sonne darthut, so wäre dagegen zu erwidern, daß die Temperatur der Sonne viel zu hoch ist, als daß solche Gasverbindungen wie Kohlensäure und Kohlenoxydgas auf ihr existieren könnten, da ihr Dissociationspunkt weit unter dieser Temperatur liegt; hat doch Lockyer behauptet, daß kein Metalloid bei dieser Temperatur existieren könne. Aber in einiger Entfernung von der Sonne, wo die Temperatur nicht mehr so hoch ist, müßte allerdings eine Anhäufung dieser verhältnißmäßig schweren Gase stattfinden, wenn ihr nicht eine andere Wirkung gegenüber träte.

Die Sonne dreht sich in ungefähr 25 Tagen einmal um ihre Achse, und da ihr Durchmesser 1,388,000 km beträgt, so ist die Tangentialgeschwindigkeit auf ihr 4,41 mal so groß als auf der Erde. In Folge davon muß ihre Atmosphäre sich in den Aequatorgegenden erheben, und es hat bereits Mairan 1731 dieser äquatorialen Ausbreitung der Sonnenatmosphäre die Erscheinung des Zodiakallichtes zugeschrieben. Laplace hat allerdings diese Erklärung zurückgewiesen, weil das Zodiakallicht sich noch über die Bahn der Erde hinaus erstreckt, die Sonnenatmosphäre aber nicht über  $\frac{9}{20}$  des Merkurabstandes reichen könne. Derselbe hat bei seiner Rechnung den Weltraum als leer vorausgesetzt. Ist letzterer aber mit Gasen erfüllt, so wird nach Siemens die Sonne bei der Rotation um ihre Achse auf dieselben nach Art eines Ventilators wirken, indem sie in ihren polaren Regionen ungeheure Mengen Wasserstoff, Kohlenwasserstoff und Sauerstoff aufsaugt, die bei ihrer allmählichen Annäherung aus dem Zustande äußerster Verdünnung und Kälte in den der Verdichtung, verbunden mit Steigerung der Temperatur, übergehen, bis sie in der Photosphäre selbst unter starker Wärmeentwicklung in Flammen aufgehen. Als Verbrennungsprodukte werden Wasserdampf und, je nach der Menge des vorhandenen Sauerstoffs, Kohlensäure oder Kohlenoxydgas auftreten, und diese Produkte werden unterm Einfluß der Centrifugalkraft nach den äquatorialen Regionen der Sonne hin strömen, um von dort in den Weltraum geschleudert zu werden.



Es fragt sich nun, was aus diesen Produkten wird, wenn sie in den Raum hinaus kommen. Zunächst scheint es, als müßten sie die Zusammensetzung der Materie draußen allmählich umändern; Siemens hält es aber nicht bloß für möglich, sondern sogar für wahrscheinlich, daß die Sonnenstrahlung die entstandenen Verbindungen wieder zu trennen vermag durch einen Dissociationsprozeß, der auf Kosten eben des Theils der Sonnen-Energie von statten geht, von dem man jetzt glaubt, daß er für das Planetensystem verloren ist.

Dem Dissociationsgesetz zufolge, wie es von Bunsen und Sainte-Claire Deville entwickelt worden ist, hängt der Dissociationspunkt verschiedener Verbindungen einestheils von der Temperatur, anderntheils vom Druck ab. Nach Deville beträgt die Dissociations-Spannung des Wasserdampfes bei gewöhnlichem Atmosphärendruck und  $2800^{\circ}\text{C}$  0,5: es kann also nur die Hälfte des Dampfes als solcher existieren, während die andere Hälfte ein mechanisches Gemenge von Wasser- und Sauerstoff bildet. Mit dem Drucke steigt und fällt aber die Temperatur der Dissociation, gerade so wie die Temperatur des gesättigten Dampfes mit seinem Drucke steigt und fällt. Man kann sich daher denken, daß die Temperatur der Sonnenphotosphäre durch Verbrennung bis über  $2800^{\circ}\text{C}$ . gesteigert wird, während die Dissociation im Raume bei niedrigerer Temperatur vor sich geht.

Diese Bemerkung bezieht sich aber nur auf die mit dem Pyrometer gemessene Wärme, nicht auf die Wirkung der strahlenden Wärme. Nun hat aber Tyndall gezeigt, daß Wasserdampf und andere gasförmige Verbindungen die Wärmestrahlen in beträchtlichem Maße absorbieren, und aus andern Beobachtungen geht hervor, daß strahlende Energie, die aus einer Quelle von hoher Intensität stammt, eine dissociirende Kraft besitzt, die bei weitem über diejenige der Temperatur hinaus geht, zu welcher die Verbindung unter dem Einfluß derselben erhitzt wird. So werden Kohlensäure und Wasser in den Blattzellen der Pflanzen zerlegt unter dem Einflusse der direkten Sonnenstrahlen bei gewöhnlicher Sonnentemperatur, und Versuche von Siemens sprechen dafür, daß diese Dissociationswirkung auch unterm Einfluß der Strahlen des elektrischen Lichtbogens eintritt, obgleich sie kaum merklich ist bei den Strahlen einer Del- oder Gasflamme.

Siemens beschreibt ferner Versuche, die er vor mehreren Jahren bezüglich der Dissociation von Wasserdampf und Kohlen- säure durch Sonnenstrahlen angestellt hat. Glasröhren mit Platinelektroden, die mit einem dieser Gase gefüllt waren, wurden mit dem einen Ende in eine Mischung von Eis und Chlorcalcium versenkt, wodurch die Temperatur auf  $32^{\circ}$  C. erniedrigt wurde, entsprechend einem Dampfdruck von  $\frac{1}{1800}$  Atmosphäre. Bei dieser Abkühlung fand keine langsame elektrische Entladung statt, wenn man die beiden Elektroden mit einer kleinen Induktionsrolle verband. Das aus der Frost- mischung hervorragende Ende der Röhre wurde dann, während weißes Papier dahinter angebracht war, an einem klaren Som- mertage der Sonne ausgesetzt, und nach einigen Stunden er- hielt Siemens in der Wasserdampfröhre eine Entladung, die augenscheinlich dem Wasserstoffvacuum angehörte. Der Ver- such wurde wiederholt angestellt und lieferte nach Siemens den unverkennbaren Beweis, daß der Wasserdampf durch die Sonnenbestrahlung dissociert worden war. Bei den Kohlen- säure- röhren war das Ergebnis weniger sicher.

Nimmt man nun an, daß bei dem obigen Experiment in der That eine Dissociation des Wasserdampfes stattgefun- den hat, und denkt man sich den Sternraum mit Wasser- dampf und andern Gasen erfüllt, deren Dichte den 2000sten Theil von der Dichte unserer Atmosphäre nicht übersteigt, so kann man wohl annehmen, daß dieselben durch die Sonnen- strahlen zerlegt werden und daß auf diese Weise die Energie der Sonne nutzbar gemacht wird. Die Anwesenheit von Kohlen- säure und Kohlenoxydgas erleichtert nach Siemens die Zer- setzung des Wasserdampfes, indem sie Substanzen liefern, mit denen sich der frei werdende Wasserstoff und Sauerstoff ver- binden können. Die Zersetzungsprodukte würden an den Polen der Sonne aufgesogen und durch Verdichtung erhitzt werden, dann bei einem bestimmten Grade der Erhitzung und Verdich- tung in Flammen ausbrechen, die entstandenen Wasser- dämpfe, Kohlen- säure und Kohlenoxydgas würden dann nach der Aequatorregion der Sonne gehen und von da durch die Cen- trifugalkraft in den Weltraum geschleudert werden.

Der Raum würde nach dieser Ansicht mit gasigen Ver- bindungen erfüllt sein, die sich im Zustande der Zersetzung

befinden, und die Existenz dieser Gase würde eine Erklärung für das Absorptionsspektrum der Sonne liefern, in welchem die Linien einiger Substanzen ganz neutralisiert werden und für die Beobachtung verloren gehen mögen. Was die schweren Metaldämpfe anlangt, die durch das Spektroskop im Sonnenspektrum nachgewiesen sind, so wird angenommen, daß dieselben eine untere und dichtere Sonnenatmosphäre bilden, die durch die eben beschriebene Wirkung der Rotation der Sonne nicht wesentlich beeinflusst wird, weil dies nur unter der Voraussetzung möglich ist, daß die Dichte des zufließenden Stromes in gleichen Entfernungen vom gravitierenden Centrum gleich oder nahezu gleich dem des abfließenden ist. Zwar sind die Verbrennungsprodukte von Wasserstoff und Kohlenoxyd dichter als ihre Bestandtheile; aber diesem Unterschied kann durch die höhere Temperatur beim Verlassen der Sonne das Gegengewicht gehalten werden, während bei den Metaldämpfen eine solche Ausgleichung nicht vorhanden wäre und sie daher dem Gesetz der Schwere gemäß auf der Sonne bleiben. An der Berührungsfläche beider Sonnenatmosphären wird durch Reibung Vermischung eintreten, und diese giebt dann Anlaß zu den Wirbeln und Eruptionen, die uns das Fernrohr kennen gelehrt hat. Einige der dichteren Dämpfe werden wohl auch mit fortgeführt und fallen vielleicht als kosmischer Staub auf unserer Erde nieder.

Siemens gedenkt ferner der Möglichkeit, daß unser Sonnensystem bei seinem Fortschreiten im Weltraum in Regionen von verschiedener Dichte kommt und dadurch Verschiedenheiten in der Thätigkeit der Sonne hervorgerufen werden.

Auch die Theorie des Zodiakallichtes und der Kometen sucht derselbe mit seiner Ansicht in Harmonie zu bringen. Bezüglich des ersteren schließt er sich der Erklärung von *Mairan* an, der in dem Zodiakallicht die äquatoriale Fortsetzung der Sonnenatmosphäre sah; er ist aber geneigt, die Lichtentwicklung auf Rechnung der Elektrizität zu setzen, die in den Gastheilchen durch Reibung bei ihrem gewaltsamen Fortschleudern von der Sonne entwickelt werden muß, gerade so wie auch der feine Wüstenand in der Luft stark elektrisch ist, wie *Werner Siemens* auf dem Gipfel der Cheopspyramide konstatiert hat. Er könnte daher wohl auch das Zodiakallicht beruhen auf langsamen elektrischen Entladungen von den Staubtheilchen zurück zur Sonne.

Bezüglich der Kometen behaupten die Astrophysiker, daß die Kerne aus Anhäufungen von Steinen ähnlich den Meteorsteinen bestehen. Nimmt man nun an, daß diese Bestandtheile eines Kometenkernes in dem Sternerraum das Sechsfache ihres Volumens an Gas absorbiert haben, gerechnet bei atmosphärischem Druck, und daß der Kern mit einer Geschwindigkeit, die bei dem Kometen von 1854 23 mal so groß war wie die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, sich der Sonne nähert, so erscheint es natürlich, daß beim Eintritt in die verhältnißmäßig dichtere Atmosphäre in der Sonnennähe durch die Reibung im Verein mit Verdichtung durch Attraktion eine Erhöhung der Temperatur eintritt, die sich bis zur Entzündung steigert. Die eingeschlossenen Gase entweichen und nehmen in einer Atmosphäre, die 3000 mal weniger dicht als die der Erde ist, das 18 000fache Volumen der Steinmassen ein. Diese Gasmassen strömen nach allen Richtungen aus, bleiben aber unbemerkt, außer auf der Seite, nach welcher die Bewegung gerichtet ist. Hier begegnen sie der interplanetaren Atmosphäre und bilden eine Zone intensiver Verbrennung, wie auch Huggins beobachtet hat. Der Kern sendet so eigenes Licht aus, während der Schweif nur im reflektierten Licht sichtbar ist.

Bezüglich der Einwände gegen diese Hypothese und ihre Vertheidigung durch Siemens verweisen wir auf unsere Quelle.<sup>1)</sup>

### Planeten und Monde.

Der Mond der Erde.— Ueber die scheinbare Größe des Monddurchmessers hat F. Küstner eine Arbeit veröffentlicht.<sup>2)</sup> Ursprünglich hatte derselbe beabsichtigt, die in den letzten Jahrzehnten auf verschiedenen Sternwarten beobachteten Bedeckungen der drei großen nördlichen Sternhaufen, Plejaden, Hyaden und Präsepe, durch den Mond zu Grunde zu legen; mit Rücksicht auf die Zeit mußte er sich aber beschrän-

1) Nature XXV, p. 504, 601; XXVI, p. 80.

2) F. Küstner, Bestimmungen des Monddurchmessers aus neun Plejadenbedeckungen des Zeitraums 1839 bis 1876 (gekrönte Preisschr. der Straßburger Universität, abgedr. in Nova Acta d. Kais. Leop. Karol. Deutschen Akad. der Naturf. Bd. XLI, Pars I, No. 5.)

ken auf die Bearbeitung derjenigen Bedeckungen von Plejadensternen, bei denen sich wenigstens 30 sichere Momente, und darunter wenigstens 5 am hellen Rande beobachtet, vorfinden. Im Ganzen sind Beobachtungen von 31 Sternwarten benutzt worden, und zwar 287 Eintritte, wovon nahe ein Drittel am hellen Rand, und 253 Austritte, darunter nur 53 am hellen Rand. Die Berechnung gründet sich auf die Auseinandersetzungen, welche Bessel in seiner „Analyse der Finsternisse“ gegeben hat, und welche zuerst von Seeling auf die Berechnung der Plejadenbedeckung vom Februar 1858 angewandt worden ist. Aus den in Betracht gezogenen 9 Bedeckungen fand Küstner für den scheinbaren Mondhalbmesser den Mittelwerth

$$r = 15' 32'' 936 \pm 0'' 038;$$

wurden aber die Bedeckungen vom 30. November 1857 und 16. April 1859 ausgeschlossen, bei denen sich störende Einflüsse bei den Austrittsbeobachtungen am hellen Rande geltend machten, so ergab sich aus den 7 übrigen Bedeckungen

$$r = 15' 32'' 851 \pm 0'' 040.$$

Bei Ausschluß aller am beleuchteten Rande gemachten Beobachtungen wurde

$$r = 15' 32'' 02 \pm 0'' 15$$

gefunden; wurden aber die beiden vorerwähnten Bedeckungen ausgeschlossen, den einzelnen Beobachtungen am dunkeln Rand das Gewicht 1, denen am hellen Rand das Gewicht  $\frac{1}{2}$  gegeben, so lieferte die Rechnung den Werth

$$r = 15' 32'' 84 \pm 0'' 05.$$

Die Größe des Unterschiedes in diesen beiden letzten Resultaten zeigt, wie nöthig es ist, beide zu trennen. Dieser Unterschied wird noch bedeutender, wenn man nicht bloß die Beobachtungen am dunkeln Rande, sondern ebenso auch die am hellen Rande für sich in Rechnung zieht; er wächst dann auf  $1'' 74$ . Noch größer, nämlich  $2'' 65$ , hat Airy diesen Unterschied aus Beobachtungen von Breen gefunden; doch ist dieses Resultat wahrscheinlich durch Fehler in der Ortsbestimmung des Mondes beeinflusst. Ueber die eigentliche Ursache dieser Differenz ist nichts genaues bekannt. Unter solchen Umständen können aber die Beobachtungen von Sternbedeckungen durch den Mond kein so zuverlässiges Mittel zur Entscheidung der Frage nach der Mondatmosphäre abgeben, wie man früher

gemeint hat (vgl. die Bemerkung von Neison hierüber in diesem Jahrb. XI, S. 7.

Bemerkenswerth ist der Umstand, daß das Mittel aus den beiden zuletzt angegebenen Werthen ziemlich genau mit dem am Königsberger Heliometer gewonnenen Resultate

$$r = 15' 32'' 54$$

übereinstimmt.

Unter diejenigen Gegenden der Mondoberfläche, in denen Klein, Neison u. A. Veränderungen konstatiert haben wollen, gehört auch die Region nördlich vom Krater Hyginus im centralen Theile der Mondscheibe (vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 18). Dort erblickte nämlich Klein am 19. Mai 1877 an einer Stelle, die er schon oft durchmustert hatte, einen großen, schwarzen, schatten-erfüllten Krater ohne Wall, und nach längere Zeit andauern-der ungünstiger Witterung erschien ihm dieses Objekt wieder als großer, schwarzer, mit einem dunstigen Rande umgebener Fleck. Der Engländer Neison, der gleichfalls diese Gegend des Mondes eingehend beobachtet hat, kam bald nachher zu der Ueberzeugung, daß dieses Objekt in der Zeit von 1876 bis 19. Mai 1877 entstanden sei. Einer der gründlichsten Kenner der Mondoberfläche, der Astronom Julius Schmidt in Athen, der bis vor kurzem mit seinem Urtheile über die Klein'sche Entdeckung zurückgehalten, um noch weitere Beobachtungen abzuwarten, ist nunmehr in einem an Klein gerichteten Sendschreiben<sup>1)</sup> im Wesentlichen den Schlußfolgerungen Klein's und Neison's beigetreten und hat sich dahin ausgesprochen, „daß es sich in der That mit großer Wahrscheinlichkeit um eine Neubildung handle.“ Nur bedient sich Schmidt nicht des Ausdruckes „Krater“, weil es sich bei dem von Klein mit N Hyginus bezeichneten Objekt nicht um ein durch die Schärfe und Vollständigkeit seines erhöhten Randes ausgezeichnetes Gebilde handelt, sondern um eine beträchtliche muldenförmige Vertiefung im schwach hügeligen Boden, die sich 1877 als auffallendes schwarzes Senkungsgebiet, als dunkles Kraterloch gezeigt hat, um die Zeit, wenn dort die Sonne schon aufgegangen war. Schmidt findet nun, daß diese Lokalität die den frühern Beobachtern unbekannt war, und die sich 1877

1) Sirius. Zeitschr. f. populäre Astronomie. Jan. 1882, Heft 1.

einigen wenigen mit der Topographie des Mondes völlig vertrauten Personen in auffallender Art gezeigt hat, im Jahre 1881 soweit verändert war, daß sie keines kundigen Blick auf sich gelenkt haben würde, wenn nicht anderweitig bereits die Aufmerksamkeit auf sie gerichtet gewesen wäre. Man darf sonach schließen, daß sich N Hyginus, und auch wohl das flache gekrümmte Rillenthal zwischen dem Schneckenberg und dem Hyginus, seit dem Jahr 1877 merklich verändert haben, wenn man die Zeichnungen vergleicht, die bald nach dem dortigen Sonnenaufgang aufgenommen wurden. Diese vermuthlich noch wirksamen Aenderungen können temporäre dampfförmige Bedeckungen sein, oder Erhöhungen des Bodens von N, oder zeitweilige Auffüllung des Bodens, wie möglicherweise ehemals in dem Krater Linné. Durch solche Wirkungen kann bei aufgehender Sonne Gestalt und Deutlichkeit von N, besonders die Dunkelheit des Schattens, modifiziert werden.

**Vulkanische Formationen auf dem Monde.**<sup>1)</sup> Mit dem Namen Krater bezeichnet man auf dem Monde gewöhnlich Gebilde, die in ihrem ganzen Bau wesentlich verschieden sind von den Vulkanen der Erde. Die wirklichen vulkanischen Formationen des Mondes, diejenigen Bildungen, welche mit unsern irdischen Vulkanen die größte Aehnlichkeit besitzen, haben die frühern Mondbeobachter, Schröter, Lohrmann und Mädler, gar nicht gekannt. Nach Neison sind dies die von ihm sogenannten Kraterkegel, steile oder konische Hügel oder Bergspitzen, deren Größe von einer halben bis 2 oder 3 engl. Meilen im Durchmesser variirt, mit kaum halb so großen, steilen, trichterförmigen centralen Vertiefungen. Bei sehr hohem Sonnenstand sind sie in starken Fernrohren als sehr kleine weiße Flecken sichtbar, und bisweilen kann man in ihrem Centrum noch den centralen Kraterschlund wahrnehmen. Zu dieser Klasse von Bildungen gehört auch der kleine Kraterhügel, der sich gegenwärtig in dem ehemaligen großen Krater Linné erhebt, dessen Ausfüllung Schmidt 1866 konstatierte (vgl. dieses Jahrbuch III, S. 19). Dr. Klein hält diesen Krater für einen wirklichen Repräsentanten unserer irdischen Vulkankegel auf dem Monde. Aehnliche Gebilde kann man auch in

1) Petermanns Mittheilungen 1882 Heft VI.

großer Anzahl im Innern des großen Ringgebirges Stadiums erkennen.

In noch höherem Grade scheint aber eine andere Klasse von Bildungen auf der Mondoberfläche mit den vulkanischen Formationen auf der Erde übereinzustimmen, auf welche Klein kürzlich aufmerksam gemacht hat. Schon Julius Schmidt sah einige dieser Formationen im Januar und Februar 1851. „Südwestlich von Theophilus“, sagt er im Erläuterungsband zu seiner großen Mondkarte, „liegen im Mars zwei kleine dunkle Flecke wie unvollkommene, halbbeschattete Krater; sie bleiben bei hohem Stand der Sonne als dunkle Flecken sichtbar. Der westliche ist der größere.“ Diese Bemerkung datiert vom Januar 1851, und am 15. Februar erkannte Schmidt in der Nähe des Kopernikus, südwestlich in der Richtung auf Gambart, „einen hellen Punkt, umgeben von einem dunkelgrauen Nimbus, der selbst in grauer Ebene liegt.“ Im Jahr 1873 kam er dann abermals auf diese Gebilde zurück und erkannte, daß bei ihnen ein weißer Kern vorhanden ist, der bisweilen als Krater erscheint.

Nach Klein ist diese Formation sehr selten, und es sind ihm unter den zahlreichen Mondgebilden, welche die starken Fernröhre der Neuzeit zeigen und deren Zahl er auf 200000 veranschlagt, nur 5 Gebilde bekannt, welche den Typus mit Sicherheit zeigen, und 2, bei denen er sehr wahrscheinlich auch vorhanden ist.

Ohne von Schmidts Beobachtungen etwas zu wissen, kam Klein bei seiner Untersuchung der Mondoberfläche ebenfalls auf diese höchst seltenen Formationen und erkannte, daß die beiden Objekte in der Nähe des Theophilus Krater mit hellweißer Kraterhöhle sind, die außen in einem gewissen Abstände von einem Ringe rauchgrauer Materie umgeben werden. Später hat sich herausgestellt, daß der größere dieser beiden Krater nach außen als ein ungemein flacher Kegel abfällt, dessen Mantel bei geringer senkrechter Höhe sich mehrere Meilen weit ausdehnt. Auf diesem sehr flachen Mantel steht im höchsten Punkt der steile Eruptionsegel. Radial vom Krater laufen auf dem flachen Abfalle zahlreiche Hügel oder Falten aus, und zwischen ihnen erscheinen winzige Kraterchen, die in großer Menge die Abhänge des Mantels parasitisch bedecken. Die dunkel-



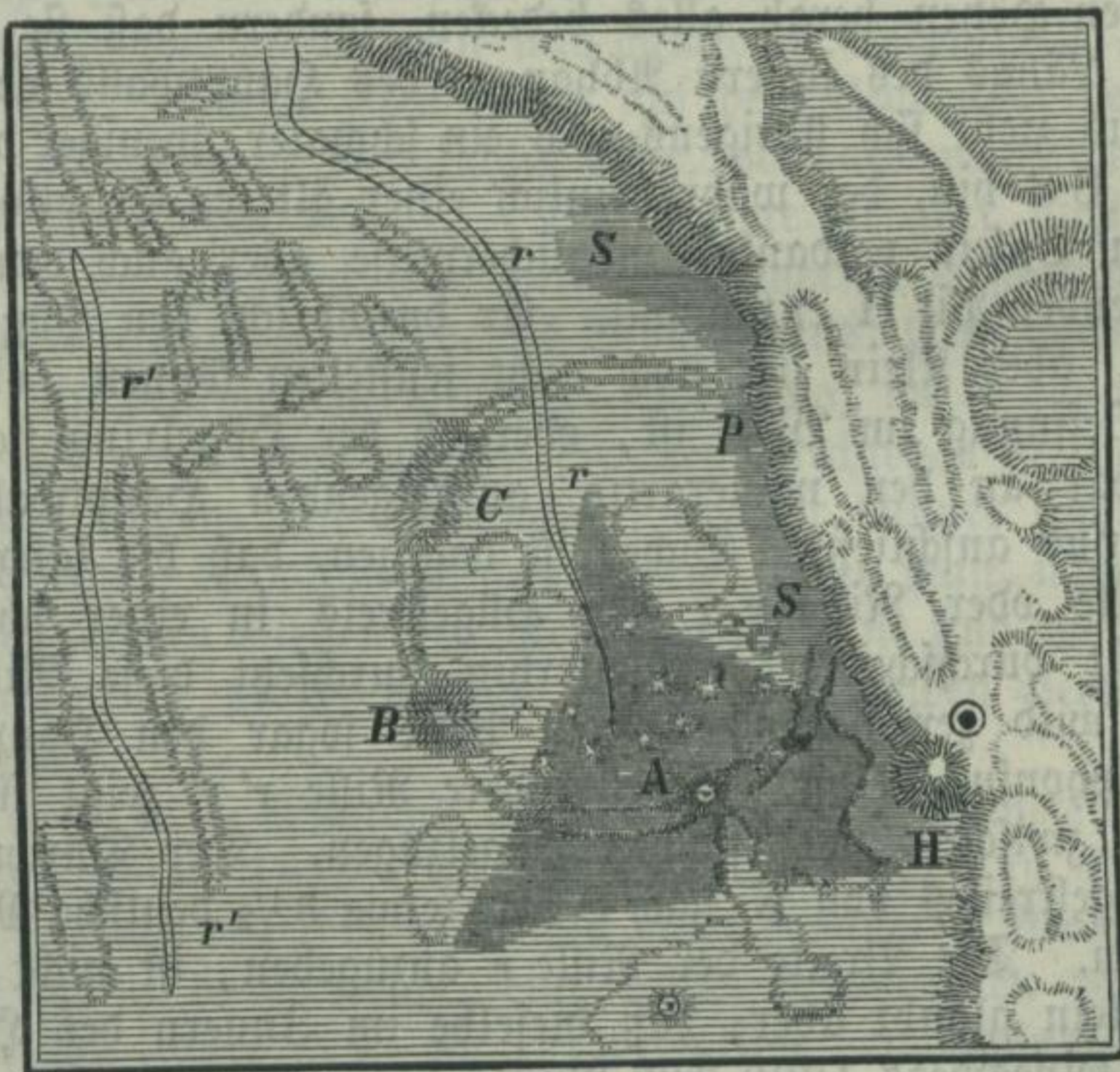
graue Materie ist nur in der Nähe des weißen Hauptkraters rings um dessen steilen Regal gelagert, und zwar innerhalb einer schmalen, ziemlich scharf begrenzten ringsförmigen Zone. Der kleinere nordwestliche Krater zeigt ähnliche Verhältnisse, doch hat Klein bei ihm die radialen Hügel und auch die parasitären Kraterchen nicht wahrzunehmen vermocht. Seit dem verflossenen Herbst zeigt sich dieser zweite Krater überhaupt nicht mehr so deutlich wie in früheren Jahren, ja Klein konnte den eigentlichen Krater überhaupt nicht mehr erkennen, sondern sah nur einen grauen Fleck innerhalb des dunklen Ringes. Bei dem von Schmidt erwähnten Krater in der Richtung auf Gambart hin und einem größeren, nördlich vom Kopernikus, ist die ringsförmige Zone um den centralen Kern breiter, heller und nach außen hin verwaschener. Ein ähnliches Object hat vor einem halben Jahrhundert Gruithuisen südlich von dem Krater Hyginus entdeckt und wiederholt beobachtet. Auch dort zeigte sich ein winziger, hellweißer Krater im Mittelpunkte eines runden, grauen, breiten Fleckes. Dieser winzige Krater ist auch heute noch vorhanden, und zwar sitzt er auf dem flachen Walle eines sehr niedrigen, zerfallenen Ringwalles; allein als heller Fleck hat Klein ihn in den 20 Jahren seiner Mondbeobachtungen niemals mehr sehen können. Auch von Schmidt wird er nicht erwähnt. Da nun andererseits Gruithuisen's Wahrnehmungen ganz unzweifelhaft sind, so schließt Klein, daß jener kleine Krater im Laufe der Jahre abdunkelte. Aus der Uebereinstimmung in den erwähnten Fällen, besonders aber auch aus seiner genaueren Untersuchung des größeren Kraters im Südwesten von Theophilus, zieht Klein ferner den Schluß, daß die dunkle Materie, welche den hellglänzenden Krater umgiebt, von diesem ausgeworfen wurde. Wir können sie als eine Art Lava ansehen, die mit der Zeit abbleichen wird und dann dasjenige Aussehen annimmt, welches wir bei vielen sogenannten umglänzten Kratern wahrnehmen. Daß die Bildung des Ringes dunkler Materie, oder wenn man will, die Eruption mit dem genannten Krater südwestlich von Theophilus, der neueren Zeit angehört, beweist der Umstand, daß dieser dunkle Fleck, der sehr augenfällig ist und sogar auf einer der Kutherfurd'schen Mondphotographien erscheint, weder von Lohrmann noch von Mädler im ersten Drittel unseres Jahrhunderts ge-

sehen worden ist. Der Schluß, daß er damals nicht vorhanden war, findet seine volle Bestätigung in den Beobachtungen Gruithuisens. Aus den Tagebüchern dieses sehr genauen und scharfsichtigen Mondbeobachters geht nämlich hervor, daß er bei mehreren Gelegenheiten speciell die Lokalität, in welcher sich heute jener dunkle Ring sehr augenfällig präsentirt, durchmusterte, ohne jedoch dieses Fleckes zu gedenken, während derselbe gerade solchen Flecken eifrig nachspürte.

Daß die dunkle Materie lavaartig aus dem hellen Krater in ihrer Mitte ausgeworfen worden ist, glaubt Klein insbesondere aus dem mehrjährigen Studium eines solchen, von keinem früheren Beobachter wahrgenommenen Mondkraters nachweisen zu können. Dieses Objekt liegt im Innern der großen Wallebene Alphonsus. Mädler hat dort außer mehreren anderen, in der Nähe des Abhanges des Ostwalles einen dreieckigen dunklen Fleck beschrieben, der im Vollmonde, wenn von den Wällen des Alphonsus selbst nur wenig zu sehen ist, durch seine Dunkelheit und regelmäßige Form ungemein deutlich hervortritt. Nach Mädler wäre dieser Fleck überhaupt nur bei hohem Sonnenstande über der betreffenden Mondlandschaft zu sehen und weder vertieft noch erhöht. Der Umstand, daß Klein bei seinen Beobachtungen im Innern dieses dunklen Fleckes ein Mal einen hellen Punkt erblickte, ganz ähnlich den hellen Centralkratern in den oben beschriebenen Gebilden, veranlaßte ihn, dem Objekte eine genauere Untersuchung zu widmen, die nach und nach zu dem Ergebnisse führte, daß man es hier in der That auch mit einem Kraterkegel zu thun hat, von dem die dunkle Materie ausgeflossen ist. Mädler glaubte nach seiner Prüfung der betreffenden Gegend, daß dieselbe eben sei. Dieser wahrscheinlich durch die Schwäche von Mädlers Fernrohr veranlaßte Irrthum wurde schon von Schmidt theilweise erkannt, dessen Karte an der betreffenden Stelle mehrere Hügel, kleine Krater und Bodenspalten (Rillen) enthält. Fig. 3 giebt nach Kleins Beobachtungen eine Karte der in Rede stehenden Region in der östlichen inneren Fläche des Alphonsus. A ist der Kraterkegel, der sich über den Nordwall eines flachen Hügelringes erhebt, welcher an den inneren Abhang des Ostwalles von Alphonsus angelehnt ist. Auf diesem Hügelringe erheben sich noch zwei kleine Kuppen, B und C, deren

Höhe schwerlich 150 Fuß erreicht. Der Hügelring selbst ist noch beträchtlich niedriger, aber die innere, von ihm umschlossene Fläche liegt tiefer als die äußere. Man erkennt dies leicht bei aufgehender Sonne, wenn der östliche Theil der inneren Ebene des Alphonsus schon von den ersten Strahlen der Sonne getroffen wird. Alsdann erscheint das Innere des Hügelringes noch völlig mit Nachtschatten gefüllt und als ein gewaltiger Krater, über dessen schmalen Ringwall sich der helle Keil A erhebt. Die Hügel B und C sind erst später erkennbar, wenn die Sonne

Fig. 3.



etwas über der Ringebene steht; dann wirft besonders C einen kleinen, breiten Schatten in diese Fläche. Steigt die Sonne höher, so beginnt das dunkle Dreieck um den Krater A bald sichtbar zu werden, und man erkennt diesen Krater noch als hellen weißen Punkt, wenn von dem Hügelringe längst Nichts mehr zu sehen ist. Genauere Aufnahmen bei verschiedenen niedrigen Sonnenhöhen zeigen in der Umgebung von A kleine Hügelzüge und Bodenwellen, und da das dunkle Dreieck noch gleichzeitig mit ihnen erkannt werden kann, so gewinnt man

die deutliche Ueberzeugung, daß die dunkle Materie sich überall nach den tieferen Lagen hin ausgedehnt und dadurch auch die charakteristische äußere Form des Dreiecks angenommen hat. Doch kann sich diese Materie nur in einer verhältnismäßig dünnen Schicht angehäuft haben, daher sie selbst geringe Erhöhungen nicht zu überdecken vermochte. Dafür zeugt die Thatsache, daß sich im Innern des Ringkreises bei einem gewissen Sonnenstande niedrige Hügel oder Kuppen als feine Lichtpunkttchen zu erkennen geben, wie die Figur andeutet. Damit ist auch bewiesen, daß die dunkle Materie nicht aus kleinen festen Körpern bestand, die nach Art vulkanischer Aschemassen aus den Höhen herab alles bedecken, sondern daß sie flüssig war. Längs des innern Abhanges des Hauptwalls von Alphonsus zieht sich übrigens noch ein schmaler, weniger dunkler Strich S S hin, der wahrscheinlich einer älteren Eruption von A sein Dasein verdankt, möglicherweise aber auch dem vorspringenden Pik H entstammt. Er durchbricht den Hügelkreis bei p, aber Klein hat noch nicht feststellen können, ob hier eine Oeffnung im Wall ist, oder ob der Hügelring sich unmittelbar an den mauerartig aufsteigenden Hauptwall des Alphonsus anschließt. Sicher ist dagegen, daß die lange Bodenspalte oder Rille r r den Hügelkreis in einer schroffen Schlucht durchschneidet. Weiterhin durchsetzt diese Rille in einem wild zerrissenen, breiten Pässe sogar den Hauptwall des Alphonsus selbst. Eine andere Rille r' r' zeigt sich im Westen zwischen zwei flachen Hügelzügen. Der Durchmesser des Hügelkreises von N nach S mag etwa  $3\frac{1}{2}$  deutsche Meilen betragen. Die Breite der Rille r anzugeben, ist nicht möglich, Klein glaubt aber, daß dieselbe im Innern des Hügelringes keineswegs 1000 Fuß Breite hat; südwärts, besonders ehe sie den Wall des Theophilus erreicht, wird sie dagegen viel breiter.

Nach Kleins Ansicht beweisen diese Verhältnisse die Existenz von Erscheinungen auf der Mondoberfläche, welche mit den Lavaergüssen unserer irdischen Vulkane die größte Ähnlichkeit zeigen, so daß an dem Vorkommen echt vulkanischer Erscheinungen nicht mehr zu zweifeln ist. Diese Erscheinungen gehören bei dem Krater A einer Epoche an, als die Hügelzüge der umgebenden Oberfläche schon vorhanden waren, so

daß die ausfließende Materie den gegebenen Neigungen des Bodens folgen mußte.

Klein führt auch noch einen andern Fall an, in welchem man, wenngleich mit geringerer Sicherheit, auf Bedeckung des Bodens mit Stein- oder Aschenmassen schließen kann. Die betreffende Gegend liegt auf dem Monde in  $1^{\circ}$  N. Br. und  $47^{\circ}$  W. L. Dort wird der graue Boden des flachen, nur mit sehr niedrigen Hügeln besetzten Mare von hellen Lichtstreifen durchzogen. Man bemerkt aber selbst bei niedrig stehender Sonne, daß auf einer Oberfläche von mehreren Quadratmeilen ein eiförmiger Fleck wie von dunkler Gaze den Boden bedeckt, und daß unter ihm die helleren und dunkleren Bodentheile hervorschimern. Dieser Fleck macht auf den Beobachter den Eindruck, als wenn er durchsichtig wäre, oder als wenn ein feiner Nebel den Boden bedeckte. Das letztere ist aber nicht anzunehmen, da der Fleck eine durchaus dauernde Erscheinung ist, eine Modifikation der Farbe des Mondbodens. Eine solche würde aber entstehen müssen, wenn der Boden da, wo er hellgrau sowohl als wo er von weißen Streifen durchzogen ist, von vulkanischen Aschen- und Steinmassen in sehr dünner Schicht bedeckt würde. Ähnliche Andeutungen findet man nach Klein auch an andern Stellen der Mondoberfläche, sie sind aber früheren, mehr die größeren Züge ins Auge fassenden Beobachtern entgangen.

**Mars.** — Während der Opposition des Planeten Mars in den Jahren 1879—80 hat Schiaparelli in Mailand die Oberfläche desselben abermals einer genaueren Beobachtung unterworfen, durch welche seine früher gewonnenen Resultate (vgl. dieses Jahrb. XV, S. 32) wesentlich vervollständigt worden sind.<sup>1)</sup> Die Beobachtungen fallen in den Zeitraum vom 30. September 1879 bis 31. März 1880. Da der Planet zur Zeit der besten Sichtbarkeit das Sommerälstium schon seit 2 bis 3 Monaten passiert hatte, so bot seine Durchforschung nicht mehr die Hindernisse wie 1877 bezüglich der Orte nördlich vom Äquator. Die Neigung der Achse gegen die Gesichtslinie war im Dezember 1879 wenig von der im

1) „Osservazioni astronomiche e fisiche sull'asse di rotazione e sulla topographia del pianeta Marte“ in den Atti della Accademia dei Lincei, Vol. V, 1880—81.

Jahre 1877 verschieden, durch welchen Umstand das Wiedererkennen der früher wahrgenommenen Objekte wesentlich erleichtert wurde; wider Erwarten konnten aber auch die südlichen Regionen viel besser untersucht werden.

Uebrigens geschah die Beobachtung nach dem früher befolgten System; nur wurde diesmal ein rothgelbes Glas vor das Okular gebracht, wodurch die Bilder vollkommener und präciser wurden.

Zunächst sind nun zu erwähnen die Untersuchungen über die Lage der Rotationsachse und des Aequators des Mars, die 1877 nicht vollständig abgeschlossen wurden. Schiaparelli unternahm zu dem Zwecke 89 Messungen der Position der südlichen Eiskalotte, aus denen sich für den Mittag Greenwicher Zeit 1. November 1879 der Positionswinkel der Marsachse, von der Erde aus gesehen,

$$p = 142^{\circ} 68' \pm 0^{\circ} 16'$$

ergab. Die geocentrischen Koordinaten des Mars waren damals

Rectasc. 3 St. 27 Min. 34 Sec., Decl.  $+ 18^{\circ} 21' 6''$ .

Daraus und aus den Beobachtungen von 1877 wurden für die Länge des aufsteigenden Knotens und die Neigung der Marsbahn folgende Werthe abgeleitet:

| 1880,0                         | Auft. Knoten        | Neigung              |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|
| gegen den Erdäquator . . . . . | $48^{\circ} 7' 8''$ | $36^{\circ} 22' 9''$ |
| = die Ekliptik . . . . .       | $84 28' 3''$        | 26 20' 6''           |
| = die Ebene der Marsbahn       | $86 47' 7''$        | 24 52' 0''           |

Hiernach fallen die Bahnen der beiden Marsmonde nahezu in die Ebene des Marsäquators, denn nach Hall's Bestimmung haben diese Bahnen folgende Lage:

|                           | Erdäquator 1880,0    | Auft. Knoten         | Neigung |
|---------------------------|----------------------|----------------------|---------|
| Erster Satellit . . . . . | $47^{\circ} 14' 3''$ | $36^{\circ} 22' 9''$ |         |
| Zweiter = . . . . .       | 48 6' 8''            | 35 38' 2''           |         |

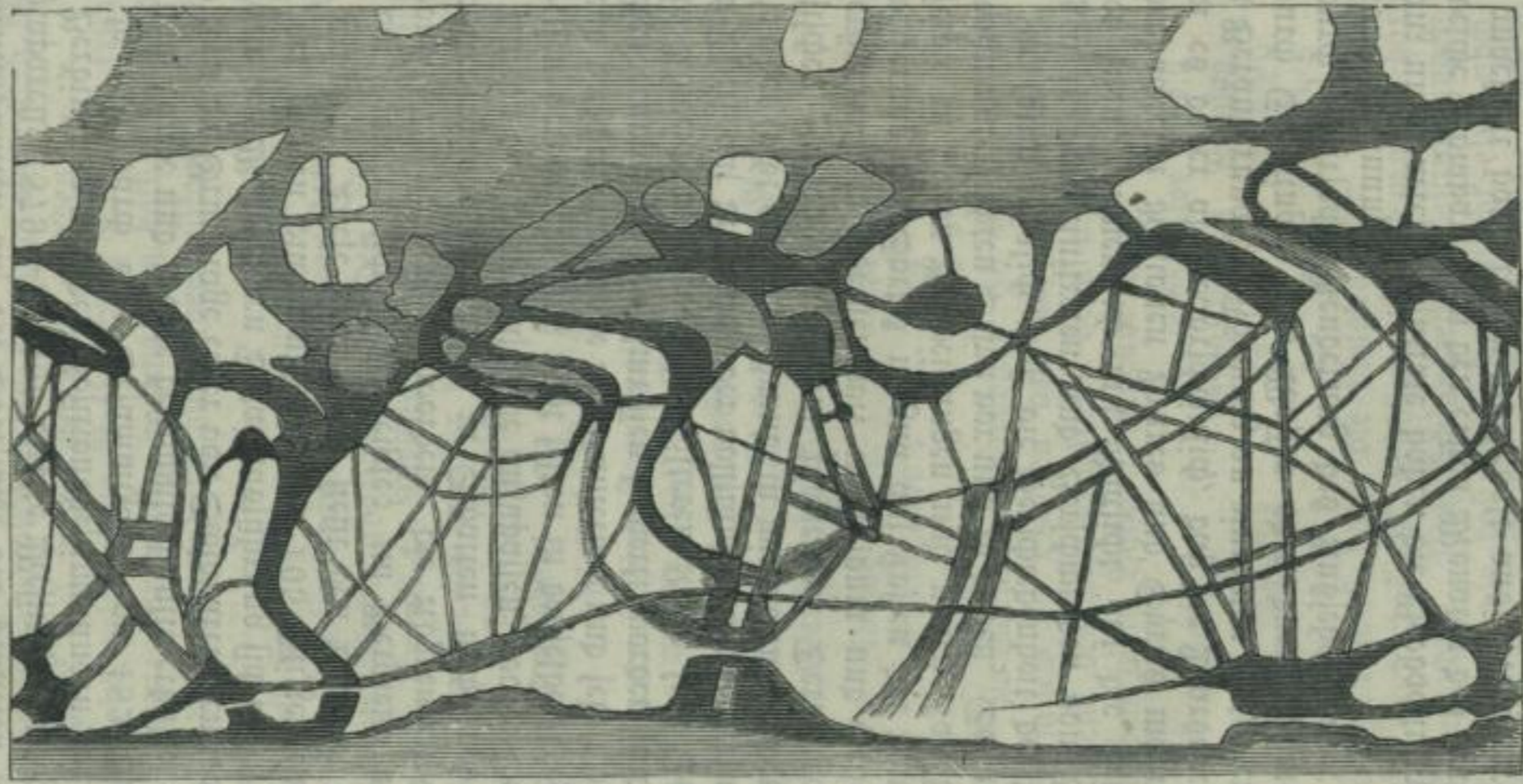
W. Herschel hatte die Neigung der Marsachse gegen die Bahn auf  $28^{\circ} 42'$  geschätzt, Dudenans hatte dafür  $27^{\circ} 16'$  gefunden. Nach Schiaparelli's Bestimmungen beträgt sie nur  $24^{\circ} 52'$ , so daß in dieser Hinsicht eine noch größere Aehnlichkeit zwischen Erde und Mars besteht, als es früher den Anschein hatte.

Zur genauern Bestimmung einer größeren Anzahl von Fundamentalpunkten auf der Oberfläche des Planeten wurden von Schiaparelli 1879—80 400 direkte Messungen ausgeführt und in Verbindung mit den Positionsbestimmungen von 1877 wurden so 114 durch eine Gesamtzahl von 482 Beobachtungen nach Länge und Breite bestimmte Punkte erhalten. Dieselben bilden die Grundlage einer von Schiaparelli entworfenen neuen Karte des Mars, deren Detailausführung sich auf 30 Aufnahmen der ganzen Planetenscheibe und 105 Skizzen einzelner Partien gründet. Diese neue Karte stellt den Planeten durchweg so vor, wie er sich 1879 zeigte; im Vergleich mit der Karte von 1877 ist versucht worden, die Abgrenzungslinien und die Uebergänge von Licht zu Schatten noch mehr dem wahren Ansehn der Planetenscheibe anzupassen, wobei Schiaparelli indessen hervorhebt, daß nicht selten in denselben Gegenden abwechselnd verschiedene Grade der Dunkelheit und selbst hin und wieder Aenderungen in den Umrissen bemerkt worden sind.

Die Abweichungen von der älteren Karte setzt Schiaparelli zum Theil auf Rechnung der vollständigeren Untersuchung, theilweise aber sucht er ihren Grund in wirklichen Aenderungen der physischen Zustände auf dem Planeten. Derartige physische Veränderungen scheinen wir in Aulonia und Hellas, in der Erweiterung der Syrtis magna auf Kosten der Landschaft Libya, sowie in vielen Abzweigungen und neuen Kanälen an früher genau untersuchten Orten vor uns zu haben. Schiaparelli hält es für kaum möglich, daß die Verschiedenheit der Wahrnehmungen in dem Auftreten und Verschwinden von Wolken begründet seien, namentlich mit Rücksicht auf die beidemale genau beobachteten Regionen Araxes und Syrtis magna; er betrachtet es daher als wahrscheinlich, daß die Marsoberfläche wirkliche Veränderung der Färbung an einzelnen Orten erfährt, sei es durch Eindringen von Wasser oder durch Schmelzung und dadurch verursachte Aenderung des Aussehens oder durch Vegetationserscheinungen.

Ganz unerwartete Resultate haben die Beobachtungen ergeben, welche Schiaparelli in den ersten Monaten des laufenden Jahres angestellt hat. Unter Vorbehalt ausführlicherer Mittheilungen hat derselbe eine vorläufige Notiz über diese Entdeckungen vor der Accademia dei Lincei am 5. März d. J. ge-

Fig. 4.





geben und dabei die Photographie einer Kartenskizze vorgelegt.<sup>1)</sup> Auf dieser letzteren (vgl. Fig. 4) fallen nun vor allen Dingen die merkwürdigen Kanalpaare auf, die zwischen dem 19. und 24. Januar in etwa 20 Fällen sich allmählich unter den Augen des Beobachters entwickelt haben. Lange, schmale dunkler gefärbte Streifen, von Schiaparelli als Kanäle bezeichnet, sind allerdings auf der Marsoberfläche auch schon von Anderen beobachtet worden, selbst an Stellen, wo Schiaparelli keine angegeben hat; aber die Verdoppelung derselben durch ähnliche parallele Linien, wie sie die Karte zeigt, dürfte vorher noch nicht bemerkt worden sein. Ueber die Deutung dieser Erscheinung steht natürlich noch nichts fest; aber die vermeintliche Ähnlichkeit der Verhältnisse auf der Oberfläche des Mars mit denen auf der Erde erleidet durch diese Beobachtungen einen bedeutenden Stoß.<sup>2)</sup>

Im übrigen haben diese neuern Beobachtungen das bestätigt, was Schiaparelli früher über die veränderliche Helligkeit einiger ausgedehnter Regionen, über die fortschreitende Erweiterung der Syrtis magna nach der einen Seite hin seit 1879 und über das Hellerwerden einiger Kontinente und Inseln an den Rändern gesagt hat. Schiaparelli ist geneigt, diese Veränderungen mit den Jahreszeiten auf dem Mars in Verbindung zu bringen, und mit Rücksicht auf die Lage der Marsachse bei der bevorstehenden Opposition Anfang 1884 hofft er, daß auch andere Beobachter seine Wahrnehmungen werden bestätigen können, obgleich dann der Durchmesser des Planeten auf 12''9 reducirt sein wird. Vor allen Dingen aber darf

1) Vgl. die Mittheilung (nebst Karte) von L. W. Webb in *Nature*, XXVI, Nr. 653, p. 13.

2) Auch Charles E. Burton und Dreier, die am 16. Febr. 1880 der Royal Dublin Society ihre 1879–80 gefertigten Skizzen des Mars (22 von Burton und 2 von Dreier) vorlegten, kommen zu dem Schluß, daß die Analogie zwischen der Mars- und Erdoberfläche durch die neuern Beobachtungen vermindert wird. Uebrigens haben dieselben aus ihren Beobachtungen, verglichen mit früheren Ergebnissen, den Eindruck gewonnen, daß keine raschen Veränderungen auf der Marsoberfläche vor sich gehen, und daß die bedeutenden Wechsel der Erscheinung auf Bildung oder Auflösung von Gewölk zurückzuführen sind. Sie bestätigen die Existenz des 1877 von Schiaparelli als „Kanäle“ gedeuteten Gebilde und fügen einige neue hinzu. *Nature* XXI, Nr. 543, p. 507.

man sich wohl der Hoffnung hingeben, daß Schiaparelli selbst mit dem neuen von Merz und Repsold gebauten Aequatorial der Mailänder Sternwarte, dessen Objectiv 48,8 cm (18 Pariser Zoll) freie Oeffnung besitzt, uns weitere Aufschlüsse über unsern Nachbarplaneten wird verschaffen können.

**Marsmonde.** Diese beiden Monde sind bekanntlich so klein, daß eine mikroskopische Messung ihrer scheinbaren Durchmesser nicht möglich und man zur Bestimmung ihrer wahren Größe auf photometrische Vergleiche mit ihrem Hauptplaneten angewiesen ist. Solche Vergleiche sind denn während der Opposition des Mars im Jahre 1877 auf der Sternwarte des Harvard Colleges in Cambridge angestellt worden, und aus ihnen hat Professor Pickering unter der Annahme, daß die Albedo des Mars der seiner Trabanten gleich sei, und mit den Werthen  $8''80$  für die Sonnenparallaxe,  $10''10$  für den Durchmesser des Mars in der Einheit der Entfernung, 12754 km für den Aequatorialdurchmesser der Erde und 7319 km für den des Mars die Durchmesser der Trabanten berechnet, wobei der Durchmesser des Phobos (des innern Mondes) = 8,96 km, der des Deimos = 7,81 km gefunden wurde.

Da aber der Durchmesser des Mars selbst nicht genau genug bekannt ist, so schreibt Pickering diesen Zahlen keine große Genauigkeit zu und hält dafür, daß die wahren Werthe etwas größer sind.

Auch an 8 Abenden im Oktober, November und December 1879 wurden Vergleichen des Mars mit seinen äußeren Trabanten, Deimos, angestellt, aus denen sich der Durchmesser desselben = 9,9 km ergibt. Phobos war 1879 zu schwach, um gemessen werden zu können.<sup>1)</sup>

Bemerkenswerth ist die Thatsache, daß die photometrischen Messungen des Deimos 1879 an den verschiedenen Seiten des Mars verschiedene Resultate ergaben, indem der vorangehende Mond stets schwächer erschien. Die größere Helligkeit und in Folge davon bessere Sichtbarkeit bei nachfolgender Stellung des Satelliten spricht sich auch in den Cambridger Mikrometermessungen von 1879 aus, von denen die überwiegende Zahl

1) Annales of the Astronomical Observatory of Harvard College. Vol. XI, part II. Cambridge 1879.

bei nachfolgendem Planeten gelang. Im Jahr 1877 stellte sich diese Erscheinung nicht heraus. Die Ursache liegt, wie Lindemann bemerkt,<sup>1)</sup> ohne Zweifel darin, daß die Messungen von 1879 alle in die Zeit der Opposition fallen, wo der volle Rand des Planeten vorausging, weshalb der Satellit auf dieser Seite schwächer erscheinen mußte. Die Messungen von 1877 dagegen gruppieren sich mehr um die Opposition herum, so daß die Phase des Planeten sich in ihnen nicht abspiegeln konnte.

Während der Opposition von 1881 wurde der äußere Marsmond, Deimos, zuerst auf der Marine-Sternwarte zu Washington am 15. November gesehen, aber so undeutlich, daß Messungen nicht möglich waren. Diese gelangen aber am 20. November und zeigten, daß der Mond sehr nahe an dem vorausberechneten Orte stand. Eine Stunde später glaubte Hall auch den andern Mond nahe an der berechneten Stelle zu sehen, konnte aber keine Gewißheit erlangen.<sup>2)</sup>

Planetoiden. — Nur ein einziger Planetoid, (220), ist im Jahre 1881 entdeckt worden, und zwar von J. Palisa, Assistent an der Sternwarte in Wien, am 18. Mai. Ein am 23. Februar von demselben beobachtetes Objekt, das anfangs für einen neuen Planetoiden gehalten ward, erwies sich später als der schon 1874 von Watson entdeckte Planetoid Juera (139).

Jupiter. — Für die Masse dieses Planeten ist fast allgemein der von Bessel vor etwa 40 Jahren aus seinen Helio-metermessungen der Abstände der Satelliten berechnete Werth bei Störungsmessungen benutzt worden. Da aber nicht alle neuern Bestimmungen mit diesem Werthe

$$1/1047,879$$

(die Sonnenmasse = 1 gesetzt) genau übereinstimmen, insbesondere die Berechnungen von Hansen und v. Asten eine Vergrößerung des Nenners um einige Einheiten andeuten, so erschien eine Wiederholung der Bessel'schen Untersuchung durch einen andern Beobachter und an einem andern Instrumente wünschenswerth. Eine solche hat nun Dr. W. Schur auf der Sternwarte zu Straßburg ausgeführt. Wie aus seinem vor der Versammlung der Astronomischen Gesellschaft zu Straß-

1) Vierteljahrsschr. der Astron. Gesellsch. XVI, S. 111.

2) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2408.

burg am 22. September 1881 erstatteten Bericht<sup>1)</sup> ersichtlich ist, wurden die Beobachtungen im Jahre 1874 begonnen, im Frühjahr 1876 fortgesetzt und konnten, da die Herbstmonate 1879 und 1880 besonders günstig waren, im letzteren Jahre abgeschlossen werden. Es wurden dazu verschiedene Heliometer der Venusexpeditionen, namentlich das früher der Gothaer Sternwarte gehörige, jetzt von der Straßburger angekaufte, benutzt. Im Ganzen wurden 176 Beobachtungen gewonnen, die sich ziemlich gleichmäßig auf die 4 Trabanten vertheilen, und zwar wurden durchweg sowohl Abstände als Positionswinkel gemessen; doch hielt es Schur für nöthig, die aus dem Jahr 1874 herrührenden Messungen der Positionswinkel wegen mangelhafter Kenntniß der Instrumentenfehler auszuschließen, sodaß nur 154 Positionswinkelmessungen in Rechnung kommen. Bessel hatte nur über 161 Distanzmessungen und 49 Positionswinkelmessungen für den 3. und 4. Trabanten zu verfügen.

Das Resultat der Schur'schen Messungen ist nun:

|                     |            |          |               |
|---------------------|------------|----------|---------------|
| aus Trabant I . . . | 1/1050,918 | ± 1,667, | Gewicht 0,360 |
| = " II . . .        | 1/1046,026 | ± 1,425, | = 0,493       |
| = " III . . .       | 1/1047,665 | ± 0,646, | = 0,396       |
| = " IV . . .        | 1/1046,818 | ± 0,484, | = 4,273       |

Endresultat . . . 1/1047,232 ± 0,365, Gewicht 7,522

Um dieses Schur'sche Resultat mit dem Bessel'schen vereinigen zu können, wurden Bessel's Beobachtungen erst einer Umarbeitung unterworfen. Beobachtungen von Auwers haben nämlich Zweifel an der Richtigkeit des von Bessel benutzten und von ihm aus Beobachtungen der Plejaden bestimmten Wärmeausdehnungs-Coefficienten aufkommen lassen, weshalb Schur den Auwers'schen Coefficienten benutzt hat. Ferner hat derselbe die periodischen Fehler der Mikrometerschrauben unbeachtet gelassen, weil eine exakte Bestimmung desselben nicht vorhanden war. Endlich verwendete Schur bei Bestimmung des Schraubenwerthes des Heliometers nicht das Bessel'sche Verfahren, sondern das von der Venuskommission befolgte. Durch Einführung dieser Aenderungen wurde aus den Bessel'schen Beobachtungen der Werth

$$1/1048,629 \pm 0,198, \text{ Gewicht } 25,536$$

1) Vierteljahrsschrift der Astron. Ges. XVI S. 292.

erhalten, und die Vereinigung desselben mit obigem Schur'schen Werthe gab schließlich

$$1/1048,311 \pm 0,174.$$

Schur gedenkt noch einiger älteren Heliometermessungen der Abstände der Jupitermonde. Aus 41 Messungen, die Triessnecker 1794 und 1795 ausgeführt hat, findet er den Mittelwerth

$1/1048,55 \pm 1,45,$   
und aus weit weniger gena'uen Beobachtungen des 4. Satel-

liten von Santini ergiebt sich  
Endlich finden sich in den Königsberger Beobachtungen noch einige Messungen von Prof. Luther aus dem Jahr 1856, aus denen folgt

$$1/1047,817 \pm 1,200.$$

Die Beobachtung der Oberfläche des Jupiter hat, wie aus dem von Prof. G. W. Hough erstatteten Jahresberichten<sup>1)</sup> hervorgeht, einen wesentlichen Theil der Thätigkeit der Dearborn-Sternwarte zu Chicago gebildet. Die Beobachtungen wurden mit dem von Alvan Clark gebauten Refraktor von  $18\frac{1}{2}$  Zoll (57 cm) Oeffnung ausgeführt und erstreckten sich auf die Zeiten vom 27. August 1879 bis 11. Febr. 1880 und vom 6. Mai bis 30. Januar 1881.

Während des ersten Zeitraums wurden die Durchmesser des Planeten in acht Nächten von Prof. Hough und in sechs Nächten von Prof. Colbert gemessen und daraus für die Abplattung die Werthe

$$1/16,23 \text{ und } 1/16,73$$

abgeleitet.

Die Lage und Ausdehnung der Flecke und Streifen wurden soweit als möglich durch mikrometrische Messungen bestimmt, wobei es sich zeigte, daß trotz der großen Verschiedenheit des Aussehens des Planeten zu verschiedenen Zeiten doch die Chicagoer Beobachtungen im Ganzen der Ansicht nicht günstig sind, daß die Oberfläche plötzlichen und raschen Veränderungen unterworfen ist, die im Laufe weniger Tage oder selbst Stunden von statten gehen. Es zeigte sich im Gegentheil, daß alle kleinen

1) Annual Report of the Board of the Chicago Astronomical Society. Chicago, 1880 u. 1881.

Beränderungen in den Begrenzungen der Streifen und Flecken langsam und allmählich vor sich gehen. Die Hauptzüge sind unverändert geblieben und keine wesentliche Veränderung hat sich durch mikrometrische Messungen entdecken lassen.

Zu einem ganz gleichen Ergebnisse ist auch H. C. Russell gelangt, der 1876 bis 1880 den Jupiter mit dem  $11\frac{1}{2}$ zölligen Refraktor der Sternwarte zu Sydney beobachtet hat.<sup>1)</sup> Derselbe fand, daß seine Messungen der Grenzen der beiden Aequatorstreifen aus den Jahren 1876 und 1880 bis auf  $\frac{1}{10}$  Bogensekunde mit denjenigen Arago's aus den Jahren 1810—11 und 1813 übereinstimmen, und während der 4 Jahre, welche die eigenen Beobachtungen Russel's umfassen, sind nicht nur jene beiden Streifen, sondern auch verschiedene schwächere Streifen in mittleren Breiten sowie die beiden hellen Polarkappen des Jupiter in derselben Lage geblieben. Gleichwohl erscheint auf den ersten Anblick das Aussehen der Planetenoberfläche zu verschiedenen Zeiten ganz verschieden, und erst durch Messung überzeugt man sich davon, daß die Hauptzüge unverändert geblieben sind. Solche Veränderungen des äußeren Ansehens gehen oft mit außerordentlicher Schnelligkeit von statten und verbreiten sich über so weit ausgedehnte Flächen, daß manche Astronomen der Meinung gewesen sind, es könnten nicht Wolkenbildungen wie in unserer Atmosphäre die Ursache davon sein. Dem gegenüber hebt Russell hervor, daß er beobachtet habe, wie binnen einer Zeit von 5 Minuten der ganze, klare Himmel sich mit Gewölk bedeckt und zu anderer Zeit ebenso rasch der bewölkte Himmel sich völlig aufgeklärt habe. Rechnet man nun die Entfernung des Horizontes zu 40 engl. Meilen und nimmt man an, daß die Wolken durch Winde hergeführt oder vertrieben worden seien, so würde dazu eine Geschwindigkeit von 960 engl. Meilen in der Stunde gehören, wie sie kein Wind auf der Erde hat. Wir sind daher genöthigt, uns diesen Vorgang anders zu erklären und können dann die gleiche Erklärung auch auf den Jupiter anwenden. Russell scheint geneigt, hier kosmische Einflüsse anzunehmen.

Die Rotationsdauer des Jupiter wurde in Chicago

1) Journal and Proceedings of the Royal Soc. of New South Wales, 1880, Vol. XIV, p. 63.

aus Beobachtungen des rothen Fleckes im Jahr 1879 gleich  
9 Stunden 55 Min. 37 Sek.

gefunden, übereinstimmend mit dem im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 22 erwähnten Resultat von Schmidt. Die Diffusion der Beobachtungen vom 25. September 1879 bis 27. Januar 1881, also aus einem Zeitraum von 490 Tagen, ergab aber als Mittelwerth

9 Stunden 55 Min. 35,2 Sek.

Wenn man indeß die einzelnen Beobachtungen mit diesem Werthe vergleicht, so stellt sich eine gut markirte Verschiebung des Centrums des Fleckens heraus, die im Maximum 1"4 beträgt, entsprechend einer Ortsveränderung von ungefähr 3200 engl. Meilen (über 5000 km). Die Beobachtungen lassen sich aber auch bis zu einem mittlern Fehler von höchstens  $\frac{1}{2}$  Bogensekunde durch eine mit der Zeit veränderliche Periode von

9 Stunden 55 Min. 33,2 Sek. + 0,18 Sek.  $\sqrt{t}$

darstellen, wenn  $t$  die Anzahl der seit 25. September 1879 verflossenen Tage bezeichnet.

Die Rotationsdauer wurde ferner noch aus den Beobachtungen polarer Flecke, dreier weißen und zweier schwarzen, gleich

9 Stunden 55 Min. 35,1 Sek.

im Mittel gefunden. Die hellen Flecke waren von eiförmiger Gestalt, hatten einen Durchmesser von etwa 1" und waren nur unter besonders günstigen Umständen sichtbar. Die aus den Beobachtungen der kleinen Flecke abgeleitete Rotationsdauer zeigt eine Ortsveränderung derselben an, die in 2 Monaten ungefähr 2" oder 4600 engl. Meilen (7360 km) beträgt, also eine Drift in Länge von etwa 3 Meilen (5 km) stündlich.

Ein weißer Fleck zwischen den Aequatorialstreifen, in — 2"3 Breite <sup>1)</sup>, wurde in 10 Nächten zwischen 8. Juli und 1. Oktober 1880 beobachtet, ein anderer, in — 2"8 Breite und von jenem 20° in Länge entfernt, in 8 Nächten zwischen 28. Oktober 1880 und 30. Januar 1881. Es ergaben sich dabei Rotationszeiten von 9 St. 50 Min. 0,56 Sek. und 9 St. 50 Min. 9,8 Sek. Betrachtet man den großen rothen Fleck als fest, so ergibt sich eine mittlere Drift der Aequatorflecke in Richtung der

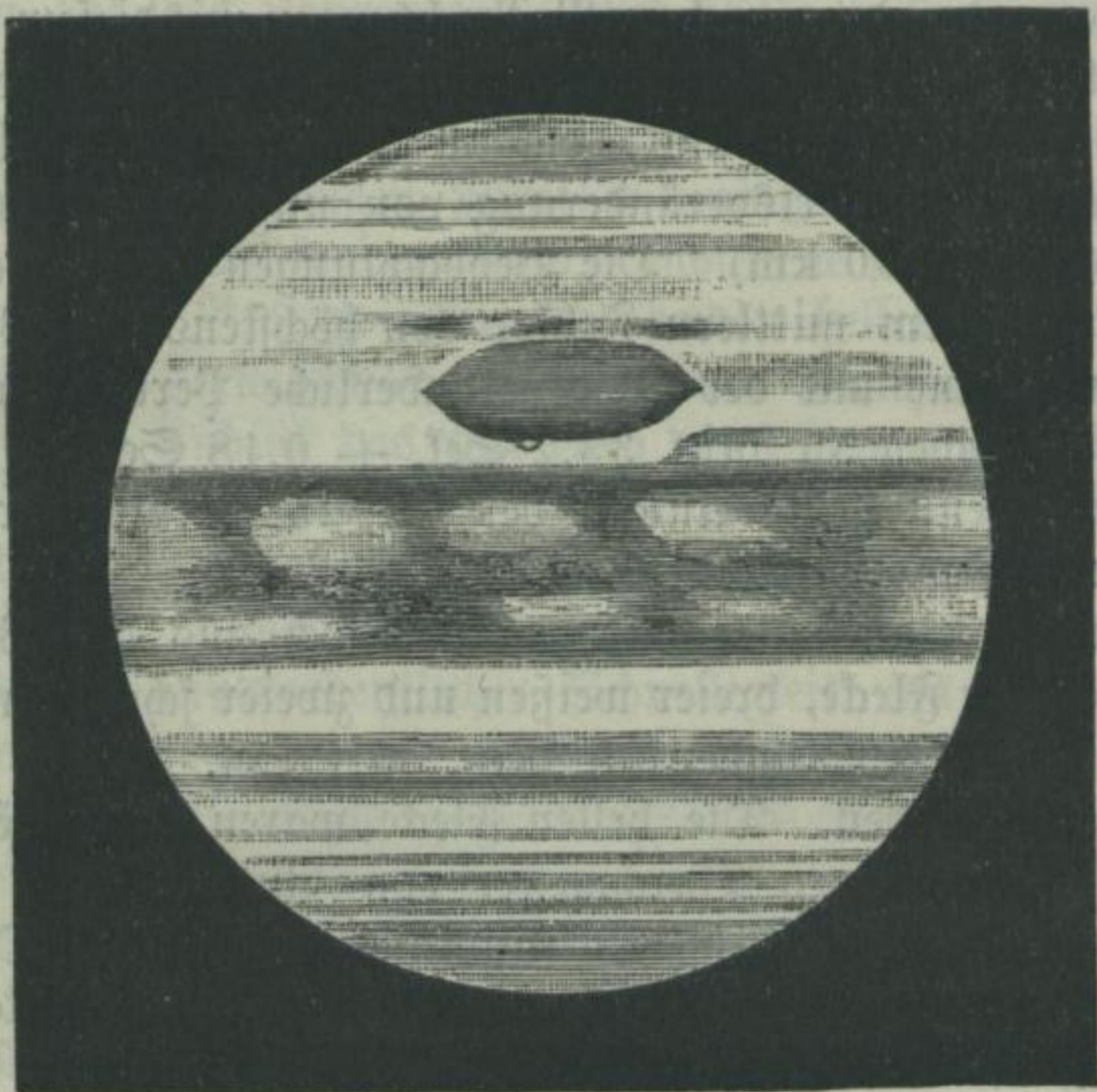
1) D. i. scheinbarer Distanz vom Jupitersaequator, reducirt auf mittlere Entfernung des Planeten.

Rotation von etwa 270 engl. Meilen (430 km) in der Stunde, und es würde also ein solcher Fleck in ungefähr 42 Tagen einen vollständigen Umlauf um den Planeten vollenden.

Aus alle dem geht hervor, wie wenig bestimmt wir die Rotationsdauer des Jupiter kennen.

Der große rothe Fleck wurde in Chicago häufig ge-

Fig. 5.



messen und es stellte sich dabei ein hoher Grad von Stabilität sowohl der Größe als der Lage desselben von einer Opposition zu andern heraus. Die Ausdehnung dieses merkwürdigen Gebildes, wie dasselbe in dem Chicagoer Refraktor erscheint, giebt Prof. Sough zu 29 600 Meilen (47 400 km) in Länge und 8300 Meilen (13 300 km) in Breite an<sup>1)</sup> fügt aber noch die Bemerkung bei, daß kleinere Teleskope die Länge beträchtlich kleiner darstellen.

Unsere Fig. 5 giebt nach W. F. Denning<sup>2)</sup> eine Ab-

1) Damit stimmt überein die Angabe von Russell in Sydney: 30,000 Meilen Länge und 8500 Meilen Breite; a. a. O. S. 68.

2) The markings of Jupiter, Nature XXV, p. 223.



bildung des Jupiter vom 7. Dezember 1881 10 Uhr abends. Man sieht u. a. den rothen Fleck und südlich von ihm (in der Figur oberhalb) einen schmalen Streifen mit hellen und dunkeln ovalen Flecken.

Wenn einer der Monde über die Scheibe des Jupiter geht, so verschwindet er, sobald er zwischen  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{3}$  der Scheibenbreite gelangt ist, und in gleicher Entfernung vom vorausgehenden Rande wird er wieder sichtbar, ein Zeugniß dafür, daß die Mitte der Planetenscheibe heller ist als die Ränder.

Der erste Mond wird bisweilen während seines Durchganges als grauer Fleck gesehen und bleibt auch in der Mitte sichtbar. Ein solcher Durchgang wurde in Chicago am 10. November 1880 beobachtet.

Am 3. Juli 1880 passirte der zweite Mond fast genau die Mitte des großen rothen Fleckes und erschien dabei merklich eben so hell als da er auf der Scheibe stand. Am 1. November 1880 beobachtete Hough, wie der Schatten des zweiten Mondes über die Mitte des rothen Fleckes ging, während gleichzeitig der Schatten des ersten Mondes über die Planetenscheibe lief. Dabei erschien der Schatten auf dem rothen Fleck deutlich, aber nicht ganz so schwarz wie auf der Scheibe.

Bezüglich der physischen Konstitution des Jupiter glaubt Hough, daß keine der bis jetzt aufgestellten Theorien alle Erscheinungen zu erklären vermag, während es ihm andererseits zweifelhaft erscheint, ob eine hinreichende Zahl wohl begründeter Thatsachen vorliegt, auf welche sich eine neue Theorie aufbauen ließe. Namentlich sind bezüglich der zu verschiedenen Zeiten gesehenen Streifen scharfe Beobachtungen und mikrometrische Messungen, keine bloßen Skizzen nothwendig, um die Bewegungen und Veränderungen zu erkennen. Vorläufig neigt Hough der Annahme zu, daß die Oberfläche des Jupiter bedeckt ist von einer flüssigen weißglühenden Masse, daß die Streifen, der große rothe Fleck und die übrigen dunkeln Flecke Massen von niedrigerer Temperatur, die eiförmigen, weißen Flecke in der Polargegend aber Oeffnungen in der halbflüssigen Kruste seien. Ueber der flüssigen Oberfläche denkt sich dann Hough noch eine Atmosphäre, in welcher sich die äquatorialen Flecke bilden, welche wolkenartiger Natur sind. Es scheint, daß diese Hypothese den langsamen und stufenweisen

Veränderungen Rechnung zu tragen vermag, welche an der Oberfläche vor sich gehen und die schwer vereinbar erscheinen mit der gewöhnlichen Annahme, daß der Planet umgeben ist mit einer dichten Atmosphäre, in welcher die kleinen Flecke als Wolken schweben, während die Streifen feste Theile der Planeten sind.

Jupitersmonde. Im Herbst 1877 und 1878 sind auf der Sternwarte des Harvard-Colleges eine Reihe von photometrischen Vergleichen der Jupitersmonde mit ihrem Hauptplaneten ausgeführt worden, aus denen sich für die Helligkeitsunterschiede zwischen Jupiter und seinen Trabanten in Größenklassen die Werthe ergeben:

|  |             |     |      |
|--|-------------|-----|------|
|  | für Trabant | I   | 8,13 |
|  | =           | II  | 8,27 |
|  | =           | III | 7,76 |
|  | =           | IV  | 8,89 |

Die aus diesen Zahlen sich ergebenden Helligkeiten der Trabanten stimmen ganz gut mit den Ergebnissen der Schätzungen von Professor Auwers und auffallend gut mit dem photometrischen Bestimmungen des Dr. Engelmann („Ueber die Helligkeit der Jupitertrabanten“, 1871) überein. Doch hat Prof. Pickering in seinen Beobachtungen keine Veränderlichkeit eines der Trabanten angedeutet gefunden, während Dr. Engelmann, dessen Beobachtungen allerdings einen viel größeren Zeitraum umfassen, an dem IV. Trabanten eine deutliche Lichtveränderlichkeit erkannt hat.

Nimmt man den Durchmesser des Jupiter = 1, so ergeben sich für die Durchmesser der Trabanten die Werthe:

|  |             |     |        |
|--|-------------|-----|--------|
|  | für Trabant | I   | 0,0237 |
|  | =           | II  | 0,0222 |
|  | =           | III | 0,0281 |
|  | =           | IV  | 0,0167 |

Aus dem Abweichungen dieser Bestimmungen, welche wahren Durchmessern von 3400, 3190, 4040 und 2390 km entsprechen, von den Ergebnissen wirklicher Messungen (4070, 3430, 5790 und 4830 km) schließt Pickering auf die Albedo der Trabanten in Vergleichung zu derjenigen des Jupiter und

1) Annals of the Astron. Observatory of Harvard College. Vol. XI, part II. Cambridge 1879.

und findet diese relative Albedo für jeden Trabanten nahezu um das Doppelte größer als den von Engelmann erhaltenen Werth.

Die Monde des Saturn, Uranus und Neptun. Durch photometrische Vergleichen mit den Hauptplaneten und andern Sternen, die in den Jahren 1877 und 1878 ausgeführt wurden, hat Professor Pickering auch die Durchmesser der 8 Monde des Saturn, zweier Monde des Uranus und des Neptunsmondes bestimmt und folgende Werthe erhalten:

| Saturnmonde          | Durchmesser |
|----------------------|-------------|
| Mimas . . . . .      | 470 km      |
| Enceladus . . . . .  | 594 =       |
| Tethys . . . . .     | 916 =       |
| Dione . . . . .      | 871 =       |
| Rhea . . . . .       | 1197 =      |
| Titan . . . . .      | 2259 =      |
| Hyperion . . . . .   | 310 =       |
| Iapetus . . . . .    | 783 =       |
| Uranusmonde          |             |
| 3. Titania . . . . . | 942 =       |
| 4. Oberon . . . . .  | 875 =       |
| Neptunsmond          |             |
| . . . . .            | 3630 =      |

Dem äußersten Saturnusmonde Iapetus wurde wegen seiner vermutheten Veränderlichkeit besondere Aufmerksamkeit gewidmet, und er wurde deshalb in 20 Nächten 1877 und in 101 Nächten 1878 mit dem Saturn verglichen. Die Berechnung der Beobachtungen wurde unter den Voraussetzungen geführt, daß die Rotationszeit des Iapetus mit seiner Umlaufszeit zusammenfällt, daß seine beiden Hälften ungleich hell sind, daß die Gestalt desselben aber nicht kugelförmig sei und daher während jedes Umlaufs zwei Maxima und zwei Minima der Helligkeit auftreten müssen. Indessen sind die Resultate, die über die Vertheilung des Lichtes auf der Oberfläche und über die Gestalt des Trabanten gewonnen worden sind, sehr unsicher.

### Kometen.

Im Jahre 1881 sind sechs Kometen beobachtet worden, darunter zwei dem bloßen Auge sichtbare von ungewöhnlicher Pracht. Nach der Zeit des Durchganges durch das Perihel ist aber auch noch der Faye'sche Komet, welcher am 22. Januar

1881 die Sonnennähe passirte den Kometen des Jahres 1881 zuzuzählen (vgl. den vorigen Jahrg. dieses Jahrb., S. 31). Derselbe führt die Bezeichnung Komet I 1881, und die übrigen werden nach der Zeit des Periheldurchganges mit den Nummern II bis VII bezeichnet. Die neben dieser Numerirung früher noch übliche Bezeichnung mit den Buchstaben a, b, c zc. nach der Reihenfolge der Entdeckung, ist einem Beschluß der Versammlung der Astronomischen Gesellschaft zu Straßburg (September 1881) zufolge aufgegeben worden; es wird jetzt ein Komet vorläufig, vor Feststellung der Ordnung der Perihelzeiten, mit dem Namen des Entdeckers bezeichnet.<sup>1)</sup>

Die 1881 entdeckten Kometen sind folgende:

Komet II, ein teleskopisches Objekt, wurde am 30. April von Lewis Swift in Rochester in den Vereinigten Staaten im Sternbild der Andromeda entdeckt und nachher an verschiedenen europäischen Sternwarten bis gegen Mitte Mai beobachtet. Nach der Berechnung von Karl Zellr, Assistent der k. k. Sternwarte in Wien hat die Bahn desselben folgende Elemente:<sup>2)</sup>

|                        |                                 |                         |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Perihelzeit T =        | 1881 Mai 20, 5974               | mittl. Berl. Zt.        |
| Länge des Perihels     | $\pi = 299^{\circ} 37' 31''$    | } mittl. Aeq.<br>1881,0 |
| Länge des aufst. Knot. | $\Omega = 125 \quad 1 \quad 11$ |                         |
| Neigung der Bahn       | $i = 78 \quad 55 \quad 55$      |                         |
| Periheldistanz         | $q = 0,5882$                    |                         |
|                        | Bewegung direkt.                |                         |

Derselbe näherte sich anfangs der Erde und seine Lichtstärke nahm zu, so daß sie um den 20. Mai etwa doppelt so groß als zur Zeit der Entdeckung war; die große Annäherung an die Sonne machte aber weitere Beobachtungen unmöglich.

Komet III wurde zuerst auf der südlichen Hemisphäre beobachtet, und die europäischen Astronomen erhielten die erste Nachricht von demselben durch ein Telegramm des Direktors der argentinischen Sternwarte in Cordoba, B. A. Gould, das am 1. Juni an den Herausgeber der „Astronomischen Nachrichten“ gelangte und das Wiedererscheinen des Kometen von 1807 an-

1) Astron. Nachr. Bd. 100. Nr. 2400, S. 369.

2) Dies. Bd. 100, Nr. 2377, S. 15. Elemente von Dr. Oppenheim s. dies. Bd. 99, Nr. 2376, S. 383; von Bigourdan Nature XXIV, p. 65.

zeigte.<sup>1)</sup> Aus einer ausführlicheren Mittheilung Goulds vom 31. Mai<sup>2)</sup> geht hervor, daß zuerst am Abend des 25. Mai sein zweiter Assistent, Walter G. Davis, ihn auf einen Stern von eigenthümlichem Aussehen im Sternbild der Taube aufmerksam machte, der sich bei der Betrachtung durch ein Opernglas als ein Komet mit einem mehrere Grad langen, wenn auch schwachen Schweife erwies. Die Beobachtung mit dem Äquatorial zeigte, daß der fast geradlinige Schweif sich über ungefähr  $14^{\circ}$  erstreckte, während seine Breite nirgends 12 Bogenminuten überstieg. Der Kern hatte am 25. die Helligkeit eines Sternes 4. Größe, seine Form war unregelmäßig, die Ausdehnung senkrecht zur Schweifrichtung größer, sie wurde am 25. zu etwa einer Bogenminute geschätzt. Bewölkung und Nebel gestatteten nicht die in Folge Annäherung an die Sonne und die Erde stattfindende Zunahme der Helligkeit zu konstatieren. Der Halbmesser der Koma betrug am 27. Mai 7 Bogenminuten.

Trotz der Ungunst der Witterung gelangen Gould bis 29. Mai mehrere Beobachtungen, und aus diesen berechnete derselbe parabolische Bahnelemente, die so große Uebereinstimmung mit den Elementen des Kometen von 1807 zeigten, daß er sich zu dem erwähnten Telegramm veranlaßt sah, zumal aus der Rechnung hervorging, daß der Planet sich rasch nordwärts bewegte und sehr bald auf den Sternwarten der Nordhemisphäre sichtbar werden mußte.

Was den Kometen von 1807 anlangt, so wurde derselbe nach Piazzis Angabe zuerst am 9. September von einem Augustinermönch in Castro Giovanni auf Sicilien gesehen, die ersten regelmäßigen Beobachtungen führte aber Thulis in Marseille am 22. September aus. Später wurde der Komet von Bessel, Olbers, Oriani u. A. sorgfältig bis Ende Februar 1808 verfolgt, ja Wiesniewsky in Petersburg fand ihn sogar am 18. März wieder auf und konnte seine Position bis 27. verfolgen. Aus den 6 Monate umfassenden Beobachtungen hat nun Bessel eine elliptische Bahn berechnet, deren Elemente den von Gould gefundenen des Kometen III 1881 allerdings sehr ähnlich sind, wie die nachstehende Zusammenstellung zeigt:

1) Astron. Nachr. Bd. 100, Nr. 2377, S. 15.

2) Dies. Bd. 100, Nr. 2383, S. 107.

| Komet von 1807 |                               | Komet III 1881.             |  |
|----------------|-------------------------------|-----------------------------|--|
| T =            | 1807 Sept. 18, 7454 Berl. Zt. | 1881 Juni 18, 165 Wash. Zt. |  |
| $\pi$ =        | 270° 54' 42''                 | 269° 4' 20''                |  |
| $\Omega$ =     | 266 47 11                     | 272 9 38                    |  |
| i =            | 63 10 28                      | 64 3 39                     |  |
| e =            | 0,99548781                    | · · · · ·                   |  |
| q =            | 0,646125                      | 0,71281                     |  |

Bewegung direkt.

Diesen elliptischen Elementen des Kometen von 1807 entspricht eine Umlaufszeit von 1713,5 Jahre. Durch die planetarischen Störungen, die Bessel bis zum März 1815 berechnete, von welcher Zeit an sie unmerklich wurden, verminderte sich jedoch die Excentrität  $e$  auf 0,99516151, was eine Verkürzung der Umlaufszeit um 174 Jahr zur Folge hatte. Es bleibt also immer noch eine Umlaufszeit von 1540 Jahren übrig, und wenn man nicht annehmen will, daß diese auf den zwanzigsten Theil herabzusetzen, daß also die mit aller möglichen Sorgfalt aus den besten Beobachtungen berechnete große Achse der Bahn ungefähr auf ein Siebentel zu reducieren ist, so bleibt Nichts übrig als der Schluß, daß mehr als Ein großer Komet ungefähr in derselben Ebene und, wenigstens in der Nähe der Sonne, in nahezu derselben Bahn um die Sonne läuft. Die Verschiedenheit der Kometen von 1807 und 1881 geht auch aus den später berechneten Bahnelementen, insbesondere aus den weiterhin folgenden Elementen von Dunér und Engström hervor.

Der Komet III 1881 ist übrigens nicht in Amerika, sondern in Australien zuerst gesehen worden. Sein eigentlicher Entdecker ist der Astronom John Tebbutt in Windsor in Neu-Südwaes. Als derselbe am Abend des 22. Mai mit unbewaffnetem Auge den westlichen Himmel durchmusterte, bemerkte er ein ihm unbekanntes nebliges Objekt, das sich bei näherer Prüfung mit einem Marinefernrohr als aus den zwei Sternen  $\gamma^1$  und  $\gamma^2$  im Sternbilde des Grabstichels und einem Kometenkopf bestehend erwies. Noch an demselben und ebenso an den folgenden Abenden wurden Messungen mit dem Fadensmikrometer angestellt, und am 23. wurde die Entdeckung nach Sydney und Melbourne gemeldet.<sup>1)</sup> Am letzteren Orte beobachtete ihn auch der Astronom Ellery bereits am 23. Mai.<sup>2)</sup>

1) Astron. Nachr. Bd. 100, Nr. 2387, S. 473.

2) Dies. Bd. 100, Nr. 2384, S. 119.

Er beschreibt ihn als mäßig groß, leicht mit bloßem Auge sichtbar, mit einem sternartigen Kerne, ähnlich einem Stern 5. Größe. Am 29. Mai wurde er in Rio de Janeiro durch Eruls entdeckt<sup>1)</sup>, und am 31. wurde die erste Beobachtung mit dem Heliometer am Kap der Guten Hoffnung erhalten. In einem Schreiben an Prof. Winnecke in Straßburg berichtet der Astronom Dr. W. L. Elkin, daß der Komet am Kap damals die Helligkeit eines Sternes 2. Größe, einen Kern von 10 bis 20 Bogensekunden Durchmesser in einer Koma von 10 bis 20 Minuten, und einen Schweif von 5 bis 6° Länge besessen habe.<sup>2)</sup> Winnecke macht bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam, daß auch bei diesem Kometen der Kern, welcher nach dem Perihel völlig fixsternartig erschien, und doch jedenfalls auch schon vorher vorhanden war, vor dem Perihel, durch Dunstmassen überdeckt, sich der Wahrnehmung entzogen hat.

Am 16. Juni ging der Komet durch sein Perihel, trat auf die nördliche Hälfte des Himmels und ward dann bald auf der nördlichen Hemisphäre der Erde dem bloßen Auge sichtbar. Sein glänzender Kopf überstrahlte selbst die östlich von ihm stehende Kapella, und der gegen den Polarstern emporg gerichtete Schweif hatte eine Länge von 15°. Indessen nahm die Entfernung von der Erde rasch zu; sie betrug am 29. Juni 57 Mill. km, am 11. Juli 93 Mill. und am 4. August 163 Mill. km. Dem entsprechend wurde auch die Helligkeit geringer, und Ende August entschwand der Komet dem bloßen Auge. Mit dem Fernrohr blieb er aber noch lange Zeit in den polaren Regionen des Himmels sichtbar, und Schmidt in Athen konnte bis zum 27. November Ortsbestimmungen desselben vornehmen. Ende September hatte die Koma noch 5 bis 6 Minuten Durchmesser; und am 13. Oktober konnte der Komet leicht am Sucher gesehen werden; seit dem 8. Nov. aber zeigte sich eine starke Lichtabnahme und am 25. hielt es schwer, die Mitte der sehr schwachen Nebelmasse sicher aufzufassen. Mit Hilfe der von Dunér und Engström berechneten Ephemeride konnte indessen Schmidt selbst noch am 10., 11. und 20. December die äußerst matte, 2 bis 3 Minuten breite Nebelmasse genügend sicher erkennen; doch waren Messungen unmöglich.<sup>3)</sup>

1) Astron. Nachr. Bd. 100, Nr. 2380, S. 53.

2) Dies. Bd. 100, Nr. 2382, S. 93.

3) Dies. Bd. 101, Nr. 2416, S. 249.

Für die Bahn dieses Kometen haben der Direktor der Sternwarte zu Lund, N. C. Dunér, und der Licentiat Folke Engström aus einer großen Anzahl von Beobachtungen die nachstehenden elliptischen Elemente berechnet.<sup>1)</sup>

$$\begin{array}{l} T = 1881 \text{ Juni } 16,47882 \text{ mittl. Berl. Zeit.} \\ \left. \begin{array}{l} \pi = 265^{\circ} 12' 56'' 1 \\ \Omega = 270 \quad 57 \quad 44, 7 \\ i = 63 \quad 25 \quad 51, 0 \end{array} \right\} \text{mittl. Aeq. } 1881,0 \\ q = 0,73449 \\ e = 0,99643 \end{array}$$

aus denen eine Umlaufszeit von 2954 Jahren folgt. Damit stimmen sehr gut überein die von Bossert in Paris berechneten Elemente<sup>2)</sup>, welche eine Umlaufszeit von 2954,5 Jahren ergeben.

Eine Eigenthümlichkeit dieses Kometen bildete, wie bereits erwähnt, der kleine, fixsternartige Kern, den aber nur kräftige Teleskope zeigten, während man in schwächeren Instrumenten einen größeren scheinbaren Kern erblickte, der einen Theil der Hülle mit umfaßte. An diesem Kerne hat man auch Ausströmungen, wie sie schon bei andern Kometen beobachtet worden sind, wahrgenommen, welche die Gestalt von Strahlen oder fächerförmigen Büscheln hatten, ziemlich rasch ihre Lage und Größe änderten, sich umbogen und in die Dunstmasse der Hülle übergingen.

Die beistehenden Figuren 6, 7, 8 lassen solche Ausströmungen erkennen, wie sie von A. Perthy Smith auf dem Temple Observatory zu Rugby am 27., 29. und 30. Juni beobachtet worden sind.<sup>3)</sup> Am 27. Juni (Fig. 6) war sehr bestimmt ein vom Kern ausgehender heller Strahl erkennbar, welcher ein deutliches Kohlenwasserstoffspektrum gab; im Spektrum des Schweifes waren keine Banden sichtbar, nur in der Nähe des Kernes. Am 29. (Fig. 7) war der Komet viel schwächer, der helle Strahl war verschwunden, und an seine Stelle war ein Lichtfächer getreten, dessen Helligkeit links am größten war. Durch die Koma war ein kleiner Stern A sichtbar. In der nächsten Nacht (Fig. 8) hatte sich die fächerartige Ausströ-

1) Astron. Nachr. Bd. 100, Nr. 2394, S. 283.

2) Comptes rendus XCIII, p. 660.

3) Nature XXIV, p. 222.

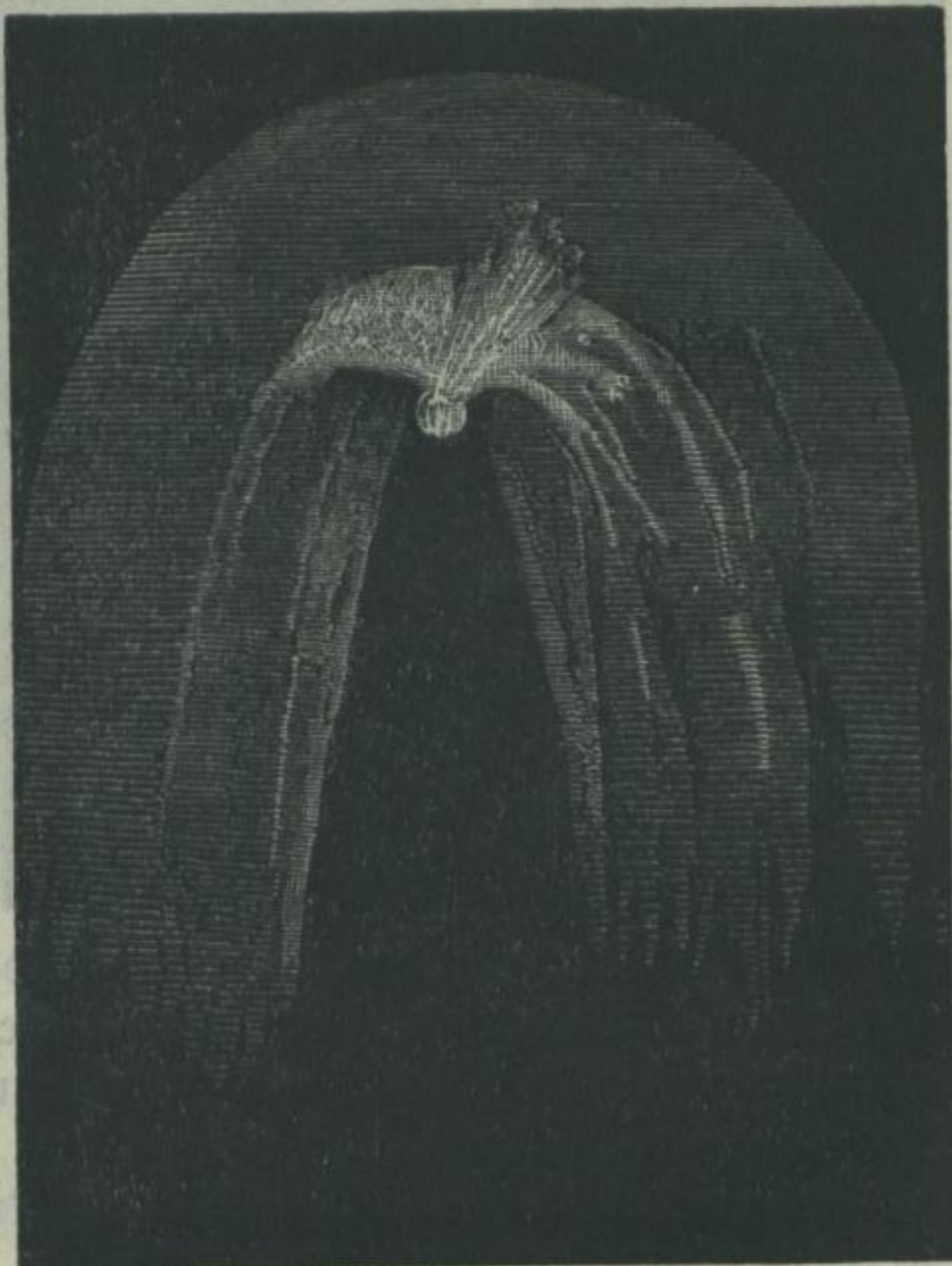


mung beträchtlich zusammengezogen und zugleich weiter vom Kern entfernt.

Außer solchen Ausströmungen auf der der Sonne zugewandten Seite beobachtete Gronemann in Gröningen am 24. Juni auch eine schwache, fast linienförmige, geradlinige, in der Richtung der Achse des Schweifes austretende und von der Sonne abgewendete.<sup>1)</sup>

Der Anfang des Schweifes hatte ein strähniges Aussehn und war ziemlich unsymmetrisch, manchmal erschien die vor-

Fig. 6.



angehende Seite heller, manchmal die nachfolgende. Die weitere Fortsetzung des Schweifes war gleichmäßiger, schwach gekrümmt und mäßig breit. Außer dem Hauptschweif haben indessen einige Beobachter noch unter günstigen Umständen zwischen dem 26. Juni und 1. Juli einen fast geradlinigen Nebenschweif bemerkt, der noch länger war als jener und mit ihm einen Winkel von  $20^\circ$  bildete. Tempel in Arcetri hat diesen Nebenschweif am 27. Juni beobachtet, Louis Boss auf der Dudley Sternwarte in Albany am 26. und 28. Juni, und wahrscheinlich haben ihn auch gegen Ende Juni andere Beobachter in Griechenland Italien, Spanien und Amerika gesehen.<sup>2)</sup>

1) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2405, S. 71.

2) Vergl. Bredichin's Bemerkungen in den Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2411, S. 161.

Was nun die Lichtbeschaffenheit des Kometen anlangt, so zeigte der helle Kern desselben ein intensives kontinuierliches Spektrum, welches sich besonders weit nach dem Roth erstreckte

Fig. 7.



und in welchem einzelne Beobachter bisweilen dunkle Linien erkannt zu haben glauben. In dem eigentlichen, aus hellen Banden bestehenden Kometenspektrum erkannten Professor Vogel und Dr. Kempf<sup>1)</sup> auf dem astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam außer den gewöhnlichen drei Streifen im Gelb, Grün und Blau noch zwei schwache Streifen, einen in Roth, weniger brechbar als die Fraunhofer'sche Linie D, den andern nach dem Violett hin. Für die Wellenlänge der drei Hauptstreifen, die nach dem Roth gut begrenzt, auf der andern Seite verwaschen waren, ergaben die Messungen im Mittel:

|                 |        |        |                    |
|-----------------|--------|--------|--------------------|
| Erster Streifen | Anfang | 562,9  | Milliontel-Millim. |
|                 | Mitte  | 554,   | =                  |
| Zweiter         | =      | Anfang | 517,3              |
|                 |        | Mitte  | 509                |
| Dritter         | =      | Mitte  | 469,8              |

Die Wellenlänge des Streifens im äußersten Blau betrug nach Bogels Schätzung 439 Milliontel Mm.

1) Astron. Nachr. Bd. 100, Nr. 2395, S. 301.

Das kontinuierliche Spektrum des Kernes war um den 23. Juni so hell, daß gar kein Bandenspektrum erkennbar war. Selbst die eigenthümliche unregelmäßig geformte helle Hülle, welche am genannten

Fig. 8.

Tagen den Kern umgab, zeigte nach Bogels Angabe nur ein vorwiegend kontinuierliches Spektrum. Allmählich nahm aber in dem kontinuierlichen Spektrum die Helligkeit des brechbaren Theiles ab, und dieser verschwand ganz gegen Ende Juni, und in demselben Maße wurde das Bandenspektrum deutlicher, erst in der Nähe des Kernes und am 1. Juli auf diesem selbst.<sup>1)</sup>



Dieses doppelte Spektrum weist hin auf einen doppelten Ursprung des Kometenlichtes: dasselbe ist zum Theil eigenes Licht einer glühenden Kohlenwasserstoffverbindung, angedeutet durch das Bandenspektrum, anderntheils Sonnenlicht, das von fein vertheilter glühender Masse reflektiert wird. Die Anwesenheit des reflektierten Sonnenlichtes wird auch durch das Polariskop bestätigt, Vogel, der am 30. Juni und 1. Juli das Spektrum mit dem Polariskop untersuchte, um den Einfluß der Polarisation des Himmelsgrundes unschädlich zu machen, bemerkte eine deutliche Ab- und Zunahme der Intensität des kontinuierlichen Spektrums bei Drehung des Nicolprismas.<sup>2)</sup>

1) Vgl. Thollon in den Comptes rendus XCIII, p. 37, 259.

2) Vogel a. a. O., desgl. Przymowsky in den Comptes rendus XCIII p. 41.

Bei diesem Kometen gelang es auch zum erstenmal ein photographisches Bild, und zwar sowohl von dem Kometen selbst als vom Spektrum desselben, zu erhalten. Das Spektrum wurde von Huggins zuerst am 24. Juni photographiert mit demselben Apparate, der zum Photographieren der Sternspektra benutzt worden war. Die Expositionszeit betrug eine Stunde.<sup>1)</sup> Eine am nächsten Abend mit einundeinhalbstündiger Exposition erhaltenes Bild war schwächer. Die Photographie vom 24. zeigt ein kontinuierliches Spektrum, in welchem die dunkeln Linien G, h, H, K und andere erkennbar sind. Außerdem sieht man 2 sehr helle Linien, deren Wellenlängen 388,3 und 387,0 sind, und ferner eine weniger glänzende helle Gruppe am wenigst brechbaren Ende des kontinuierlichen Spektrums bei  $\lambda = 422,0$ . Beide Gruppen treten in dem Spektrum der Kohlenwasserstoffverbindungen auf, aber, wie Liveing und Dewar gezeigt haben<sup>2)</sup> nur dann, wenn dieselben Stickstoff enthalten. Hiernach würde also in dem Kometen auch dieses Element enthalten sein.

Eine Photographie des Kometen selbst legte Janssen am 24. September vorigen Jahres der Versammlung der Astronomischen Gesellschaft in Straßburg vor.<sup>3)</sup> Dieselbe war in der Nacht vom 30. Juni zum 1. Juli erhalten worden, nachdem schon vorher einige Aufnahmen gelungen waren. Die außerordentliche aktinische Schwäche des Kometenschweifes wurde durch Anwendung eines sehr lichtstarken Fernrohrs von 50 cm Oeffnung und nur 1,6 m Brennweite und den Gebrauch sehr empfindlicher trockner Bromsilbergelatineplatten überwunden. Um aber auch die Störung, welche die rasche eigene Bewegung des Kometen verursacht, unschädlich zu machen, wurde diese Bewegung in zwei Komponenten, nach Rektascension und Declination, zerlegt. Die Bewegung in Rektascension wurde zu der täglichen Bewegung algebraisch addirt und das Uhrwerk, welches die Drehung des Instruments um die Stundenachse bewirkt, entsprechend reguliert. Die Bewegung in Declination wurde durch eine sehr langsame Verschiebung mittels einer Stell-

1) Comptes rendus XCIII, p. 26.

2) Proceedings of the Royal Soc. t. XXX, p. 494.

3) Vierteljahrsh. der Astron. Ges. XVI, S. 308.

schraube kompensiert. Auf solche Weise gelang es durch halbstündige Exposition ein Bild des Kometen mit einem Schweif von  $2\frac{1}{2}^{\circ}$  Länge zu erhalten. Dasselbe zeigt eine sehr ausgesprochene radiale Struktur. Um den Kopf bemerkt man Lichtstrahlen, hauptsächlich auf der westlichen Seite; einer dieser Strahlen bildet einen Winkel von  $30^{\circ}$ , ein anderer einen solchen von  $15^{\circ}$  mit der Achse des Schweifes. Vom Kern ausgeht ein großes Lichtbüschel, gleichsam die Wirbelsäule des Gestirnes bildend, in der Richtung von der Sonne weg; dasselbe theilt aber den Schweif nicht in zwei ganz symmetrische Theile, sondern der westliche ist schmaler.

Janssen hat auch ein Verfahren angegeben, um mit Hilfe der Photographie die Lichtintensitäten der verschiedenen Himmelskörper zu vergleichen.<sup>1)</sup> Mittels desselben ergiebt sich aus der Photographie vom 30. Juni, daß der Schweif des Kometen in der Entfernung von  $1^{\circ}$  vom Kern eine photographische Strahlung aussendet, die ungefähr 300,000 mal schwächer ist als die des Vollmondes, und in der doppelten Entfernung sinkt dieses Verhältniß auf weniger als ein Milliontel herab.

Auch Komet IV war eine sehr prächtige, dem bloßen Auge sichtbare Erscheinung, wenn er auch nicht die Helligkeit des vorigen erreichte. Derselbe wurde von Schäberle in Ann Arbor am 6. Juli im Sternbild des Fuhrmanns entdeckt, ging dann durch den untern Theil des Großen Bären und die Jagdhunde und verschwand anfang September für die nördliche Hälfte der Erde. Auf der südlichen Hemisphäre konnte er in Cordoba in Argentinien noch bis zum 14. September mit bloßem Auge verfolgt werden. Später ward er schwächer und schwächer, und am 7. Oktober war er im Teleskop nur noch schwach sichtbar. Etwas länger wurde er in Australien verfolgt. Dort entdeckte ihn Tebbutt in Windsor, Neu Süd-Wales, bei einer Durchmusterung des Himmels am 17. September als einen nur im Fernrohr erkennbaren länglichen Nebel mit allmählich gegen die Mitte zunehmender Lichtintensität; er wurde hier bis 15. Oktober beobachtet. In Melbourne wurde er nach einer Zeit ungünstigen Wetters noch am 18. und 21. Oktober wahrge-

1) Comptes rendus XCII, p. 821.



Anderer Streifen konnten nicht beobachtet werden; ebenso war keine Spur von Polarisation zu bemerken.<sup>1)</sup>

Komet V wurde am Morgen des 4. Oktober von W. F. Denning in Bristol mit einem 10zölligen Refraktor entdeckt. Derselbe ging dem Stern  $\alpha$  im Löwen ungefähr  $10^{\circ}$  in der Ekliptik voraus und hatte das Aussehen eines hellen runden Nebels mit deutlicher centraler Verdichtung. Erst in der nächsten Nacht ward die wahre Natur des Objectes durch die inzwischen merklich gewordene Bewegung sicher erkannt. Am 5. ward der Komet auch von Coggia in Marseille, am 9. von Lohse und Copeland in Dun Echt und später von andern, zuletzt noch am 19. November von Winnecke in Straßburg beobachtet. Copeland und Lohse, Dypenheim und Palisa in Wien, sowie Hind in London berechneten parabolische Elemente für denselben, indessen ergab sich bald die Nothwendigkeit, elliptische Elemente zu ermitteln. Solche wurden zuerst von Schulhof in Paris aus Beobachtungen von Marseille vom 5. Oktbr., Dun Echt 9. Oktbr. und Paris 18. Oktbr. gefunden und führten auf eine Umlaufszeit von  $7\frac{3}{4}$  Jahren.<sup>2)</sup> Eine spätere, auf eine größere Zahl von Positionen gegründete Rechnung Schulhof's ergab 8,45 Jahre Umlaufszeit, welches Resultat nahezu übereinstimmt mit dem von Hartwig und Wutschichowsky<sup>3)</sup> in Straßburg und dem von S. C. Chandler in Boston gewonnenen (8,343 Jahr). Nachstehend geben wir die neuern Schulhof'schen (I) und die Hartwig=Wutschichowsky'schen Elemente (II).

|                           | I.                      | II.                    |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| Periheldurchgang . . .    | Sept. 13,25866          | Sept. 13,1697 Berl. Z. |
| Länge des Perihels . . .  | $312^{\circ} 21' 0'' 4$ | $312^{\circ} 11' 22''$ |
| Länge d. aufst. Knot. . . | 65 57 50,0              | 66 4 2                 |
| Neigung . . . . .         | 6 51 36,2               | 6 52 36                |
| Periheldistanz . . . . .  | 0,72476                 | 0,72436                |
| Excentricität . . . . .   | 0,82535                 | 0,82480                |
| Gr. Halbachse . . . . .   | 4,14973                 | 4,13454                |
| Umlaufszeit . . . . .     | 8,45 Jahr               | 8,4072 Jahr.           |

ger in Wien das. Nr. 2390, S. 217, von Abetti in Padua in Nr. 2395, S. 295.

1) Astron. Nachr. Bd. 100, Nr. 2395, S. 303.

2) Comptes rendus XCIII, p. 693.

3) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2402, S. 31.

Eine noch etwas größere Umlaufszeit, nämlich 9,106 Jahr, hat Block in Odessa berechnet.<sup>1)</sup>

Es erscheint merkwürdig, daß dieser Komet so spät erst entdeckt worden ist; er muß nämlich, wie Schulhof hervorhebt, am 18. August bis auf 17,6 Millionen km der Erde nahe gekommen und 40 bis 50 mal heller gewesen sein, als zur Zeit seiner Entdeckung. Er sollte daher damals auf der südlichen Halbkugel mit bloßem Auge sichtbar gewesen sein.

Die Identität mit den Kometen von 1743 I und 1819 IV, welche zwei schon Clausen für denselben Körper gehalten hat, sowie mit dem Kometen von 1585 ist vermuthet worden; doch läßt sich keine Gewißheit darüber gewinnen. Ebenso verhält es sich mit der vermutheten Identität desselben mit einem von Goldschmidt am 16. Mai 1855 und einem von Hind am 18. Oktober 1846 entdeckten Kometen.

Komet VI, ein teleskopisches Objekt, wurde am 20. September von Barnard zu Nashville in Tennessee im Sternbilde der Jungfrau entdeckt. In Straßburg erschien er am 3. Oktober etwas heller als 8. Größe, als eine helle, kernlose Nebelmasse von 2 Minuten Durchmesser. Am 6. Oktober war er trotz des Mondscheins gut sichtbar, sein Durchmesser betrug  $1\frac{1}{2}$  Minuten, und Winnecke glaubte einen sehr schwachen fixsternartigen Kern durchblitzen zu sehen. Aus Beobachtungen vom 21. September, 3. und 21. Oktober hat S. C. Chandler jun., Assistent der Sternwarte des Harvard College in Cambridge, Massachusetts, nachstehende Elemente berechnet:<sup>2)</sup>

$$T = 1881 \text{ Sept. } 14,16414 \text{ m. Wash. Z.}$$

$$\left. \begin{array}{l} \pi = 280^{\circ} 32' 40'' \\ \Omega = 274 \quad 11 \quad 39 \\ i = 112 \quad 47 \quad 50 \end{array} \right\} 1881,0$$

$$q = 0,44924$$

Komet VII ist der periodische Encke'sche Komet, dessen Berechnung nach dem frühen Tode des Dr. von Asten der Adjunkt-Astronom Dr. D. Backlund in Pulkowa übernommen hat. Mit Berücksichtigung der Störungen, die der Komet von 1878 bis 1881 durch Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn er-

1) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2404, S. 63.

2) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2404, S. 60. Elemente von Zeller daselbst Bd. 100, Nr. 2398, S. 347; von Oppenheim Nr. 2400, S. 381.



litten und des Einflusses des sogenannten widerstehenden Mittels auf die mittlere Bewegung, erhielt derselbe folgende Elemente <sup>1)</sup>:

Äpoche 1881, Juli 2,0 mittl. Berl. Zeit

Mittl. Anomalie  $M = 319^{\circ} 26' 48'' 66$

Länge des Perihels  $\pi = 158 \quad 30 \quad 5, 50$

= = aufst. N.  $\Omega = 334 \quad 34 \quad 3, 13$

Neigung . . . . .  $i = 12 \quad 53 \quad 0, 28$

Excentricität . . . . .  $e = 0,8454969$

Mittl. tägl. Beweg.  $\mu = 1072''$ .

} mittl. Äq.  
1881,0

Daraus folgt

die große Halbachse . . .  $a = 2,22005$

= Periheldistanz . . . .  $q = 0,34301$

= Apheldistanz . . . . .  $= 4,09709$

= Umlaufszeit . . . . .  $= 1208,21$  Tage.

Der Komet ging am 8. November durch sein Perihel, und kam der Erde am nächsten am 11. Oktober; er stand zu dieser Zeit im Kleinen Löwen nahe bei dem Stern 12 des Flamsteed'schen Katalogs, seine Entfernung betrug damals nur 0,543 Erdbahnhalbmesser.

Er war nur ein schwaches Objekt und wurde mit Hilfe die von Backlund berechneten Ephemeride zuerst, wiewohl nicht ganz sicher von Dr. Hartwig in Straßburg durch einen 6zölligen Kometensucher gesehen, aber erst am 25. morgens genauer beobachtet. Er erschien als ein Nebel von 4 Bogenminuten Durchmesser. Wenige Stunden früher, am Abend des 24., war auch Struve in Pulkowa die Auffindung gelungen; der Komet erschien aber so lichtschwach, daß er nur eben noch in dem 14zölligen Merz'schen Refraktor erkennbar war. Dagegen fand es Schmidt in Athen am Abend des 21. August nicht allzuschwer, den Kometen nahe an dem von Backlund angegebenen Orte als einen bleichen Nebel mit kaum merklicher centraler Verdichtung zu erkennen. Auch Tempel in Arcetri sah ihn am 21. und dann wieder am 26. und 27. August.

Schmidt in Athen hat ihn bis 3. November beobachtet und besonders auf die auffallende Verkleinerung seiner Koma mit Abnahme des Abstandes von der Sonne aufmerksam gemacht, die schon 1828 von Balz erörtert und von Schmidt bei

1) Astron. Nachr. Bd. 100, Nr. 2383, S. 111.

den Erscheinungen von 1848, 1868 und 1871 durch Messungen nachgewiesen worden ist. Schmidt fand, daß der Halbmesser der Koma

|           |    |                   |       |      |                |
|-----------|----|-------------------|-------|------|----------------|
| September | 19 | 13 <sup>h</sup> 0 | . . . | 16,8 | Erddhalbmesser |
| =         | 21 | 11,7              | . . . | 18,5 | =              |
| =         | 22 | 12,5              | . . . | 18,3 | =              |
| Oktober   | 20 | 17,0              | . . . | 11,8 | =              |
| November  | 3  | 17,0              | . . . | 6,4  | =              |

betrug.<sup>1)</sup>

Komet VIII, ein sehr schwaches teleskopisches Objekt, am 16. November von Prof. L. Swift in Rochester, New York, entdeckt, blieb für kräftige Fernröhre bis in das letzte Drittel des December sichtbar. In Leipzig wurde er am 19. und 22. December als ein sehr schwacher, etwas länglicher Nebel mit schwacher Verdichtung beobachtet. Aus Beobachtungen zu Cambridge, Massachusetts, 17. November, Paris 27. November und Wien 12. December hat Dr. H. Dppenheim in Berlin folgende Elemente berechnet:<sup>2)</sup>

$$T = 1881 \text{ November } 19,7402$$

$$\pi = 299^{\circ} 12' 4''$$

$$\Omega = 181 19 51$$

$$i = 144 49 17$$

$$q = 1,9261.$$

} mittl. Aeq. 1882,0

Komet g 1880. Der von Cooper in Sheffield am 21. December 1880 gelegentlich einer Beobachtung des Saturn entdeckte Komet (vgl. den vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 35) scheint nur von dem Entdecker gesehen worden zu sein, der dessen Positionen am 21., 24. und 25. December näherungsweise bestimmt hat. Aus diesen Angaben hat Dr. H. Dppenheim in Berlin die folgenden Bahnelemente berechnet:<sup>3)</sup>

$$T = 1880 \text{ Novbr. } 8,8443 \text{ mittl. Berl. Zt.}$$

$$\omega = 73^{\circ} 33', 4$$

$$\Omega = 257 35, 9$$

$$i = 129 11, 7$$

$$q = 0,38669.$$

} mittl. Aeq. 1880,0

1) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2419, S. 298.  
 2) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2408, S. 127; andere Elemente geben Palisa in Nr. 2408, S. 125, Boß Nr. 2410. S. 159.  
 3) Astron. Nachr. Bd. 100, Nr. 2381, S. 73.

Die weitere Rechnung zeigt, daß der Komet seine größte Helligkeit, das Elfache von der bei der Entdeckung beobachteten, am 14. December erreicht hatte und daß dieselbe von da an ganz rapid abnahm, so daß sie am 2. Januar 1881 nur noch 0,1, am 18. Januar sogar bloß 0,02 betrug. Dieser Umstand und die nur näherungsweise Kenntniß seiner Bewegung geben einigermaßen Erklärung dafür, daß dieser Komet anderwärts nicht aufgefunden werden konnte.

Der Olbers'sche Komet. Für diesen am 6. März 1815 von Olbers in Bremen berechneten Kometen, hat Bessel elliptische Bahnelemente ermittelt, die eine Umlaufszeit von 74,04913 Jahren ergaben. Derselbe hat aber auch die Störungen während des ganzen folgenden Umlaufs berechnet, und dabei gefunden, daß der Komet 824,51 Tage früher zum Perihel zurückkehrt, als nach den elliptischen Elementen, nämlich 1887 Februar 9,4; Jupiter allein bewirkt eine Verkürzung der Umlaufszeit um 775,70 Tage, Saturn eine solche um 30,39 Tage und Uranus um 9,32 Tage. Bei der Nähe der Wiederkehr dieses Kometen hat nun 1879 die Holländische Gesellschaft der Wissenschaften in Harlem einen Preis für eine Neuberechnung desselben ausgeschrieben, und der Preis ist am 21. Mai 1881 der einzigen eingegangenen Arbeit von F. K. Ginzel in Wien zuerkannt worden.<sup>1)</sup> Derselbe hat zu den von Bessel benutzten 187 Beobachtungen, noch weitere herangezogen und die Gesamtzahl der Beobachtungen auf 346 gebracht. Aus ihnen hat er nun die wahrscheinlichsten Elemente des Kometen berechnet und gelangt dabei zu dem Resultat, daß die Umlaufszeit des Kometen zwischen 72,33 und 75,68 Jahren liegt. Bei Berechnung der Störungen sind die neuern Massenbestimmungen für die großen Planeten, nämlich für

Jupiter 1/1047,879, Saturn 1/3501,6, Uranus 1/22000,

Neptun 1/19700

benutzt worden. Ginzel hat aber nicht bloß die Störungen dieser Planeten, sondern auch die speziellen Störungen durch die Planeten Merkur, Venus, Erde und Mars innerhalb des Zeitraums vom 26. April 1815 bis 19. Januar 1817 berechnet. Indessen ist die Gesamtwirkung dieser letzteren Störungen

1) Ginzel, F. K., Neue Untersuchungen über die Bahn des Olbers'schen Kometen und seine Wiederkehr. Harlem 1881.

gegen die den Elementen anhaftenden Unsicherheiten nur unbedeutend. Im Ganzen ergiebt sich eine große Uebereinstimmung mit den Bessel'schen Resultaten; reducirt man letztere auf die von Ginzel benutzten Massen, so beträgt der Unterschied nur 3,8 Tage. Die Ginzel'schen Elemente für die nächste Erscheinung des Kometen sind folgende:

$$T = 1886 \text{ December } 16,9338 \text{ mittl. Brl. Zt.}$$

$$\Omega = 84^{\circ} 31' 24'' 2$$

$$i = 44 \quad 33 \quad 34, \quad 3 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} \Omega \\ i \end{matrix}} \right\} \text{ mittl. Aeq. } 1887,0$$

$$\pi = 149 \quad 48 \quad 40, \quad 3$$

$$e = 0,93053$$

$$\mu = 49'' 387785.$$

### Firsterne.

Älteste Tagesbeobachtungen von Sternen. — Vielfach ist nach Arago's Vorgang der französische Gelehrte Morin (geb. 1583, gest. 1656, in jüngeren Jahren Arzt und Astrolog des Bischofs von Boulogne und anderer Herren, später Professor der Mathematik am Collège Royal in Paris) als derjenige bezeichnet worden, der zuerst am Tage Sterne mit dem Fernrohre beobachtet hat. In seinem Werke „Longitudinum terrestrium et coelestium nova et hactenus optata scientia“, das 1634 erschien, berichtet derselbe (Pars sexta, pag. 210 u. f.), daß er gegen Ende März 1635 den Arktur noch eine halbe Stunde nach Sonnenaufgang habe beobachten können.

Noch älter ist aber, wie Professor Winnecke bemerkt hat <sup>1)</sup> eine ähnliche Beobachtung des Tübinger Professors der hebräischen Sprache und Mathematik, Schickard (geb. 1592, gest. 1635), welcher in den Anhängen zu der von dem Jesuiten Albertus Curtius herausgegebenen „Historia coelestis ex observationibus Tychoonis Brahe 1582—1601“ p. 956 erwähnt, daß er am 2. März 1632 das Herz des Skorpions am hellen Tage beobachtet habe, während Saturn kaum zu erkennen gewesen sei.

Winnecke hat aber auch noch auf einen andern Beobachter hingewiesen, von dem sich zwar kein bestimmtes Datum einer,

1) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2416, S. 241.

Sternbeobachtung am hellen Tage angeben läßt, der aber mit Bestimmtheit erklärt hat, daß er schon vor Morin derartige Beobachtungen angestellt, aber nicht viel Aufhebens davon gemacht habe. Es ist dies der Niederländer Martinus Hortensius, der in einem am 12. Oktober 1636 von Amsterdam aus an Gassendi gerichteten Briefe seine Verwunderung über Morins Art, eine ihm keineswegs neue Beobachtung anzuzeigen, äußert (Gassendi, opera omnia. Lugd. 1658 Vol. VI, p. 433).

Hiernach haben sowohl Schickard als Hortensius früher Fixsterne beobachtet als Morin.

Nach der Angabe des Professor Rud. Wolf in seiner „Geschichte der Astronomie“ S. 364, hat übrigens noch weit früher, nämlich schon am 11. März 1611 Joseph Gaulthier in Aix den Merkur noch nach Sonnenaufgang mit dem Fernrohr beobachtet.

Daß aber alle diese älteren Beobachtungen wenig Beachtung fanden und rasch in Vergessenheit geriethen, geht daraus hervor, daß Picard, als er 1669 Meridianhöhen des Regulus und Arktur am hellen Tage maß, derartige Beobachtungen für völlig neu und noch nicht dagewesen hielt (vgl. Wolf a. a. D.).

Veränderliche Sterne. — In seiner Uebersicht der Beobachtung der veränderlichen Sterne zu Athen im Jahre 1881 <sup>1)</sup> führt Julius Schmidt 7 Minima des Algol ( $\beta$  im Perseus) auf, von denen das letzte auf Nov. 27  $11^h 8^m 5$  mittl. Athener Zeit fiel.

Ceraski's Variable ( $\Upsilon$  im Cepheus, s. den vorigen Jahrg. dieses Jahrb., S. 51) hatte Minima Mai 13  $11^h 0^m 2$  und Nov. 26.  $9^h 4^m 1$ , dazwischen verflossen 79 Perioden, so daß auf jede 2 Tage 11 Std. 49 Min. 25 Sek. kommen. Uebrigens hat Knott darauf aufmerksam gemacht <sup>2)</sup>, daß dieser Stern wahrscheinlich abwechselnd in den Zeiten kleinsten Lichtes um etwa 2 bis 3 Zehntel einer Größenklasse verschiedene Intensitäten besitzt.

Ein von Barendell im kleinen Hund entdeckter veränderlicher Stern, dessen Ort 1879

1) Astron. Nachr. Bd. 101. Nr. 2420, S. 311.

2) Nature XVI, p. 493.

7<sup>h</sup> 34<sup>m</sup> 46<sup>s</sup> Rektasc., + 8° 39'6 Deffl.  
 war, ist mehrfach von Schmidt beobachtet worden. Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, daß die Periode 350 bis 360 Tage beträgt, unterbrochen durch sekundäre Schwankungen von beträchtlicher Größe. Zur Zeit des Hauptminimums verschwand der Stern völlig am Refraktor, im sekundären Minimum blieb er dagegen noch am Sucher kenntlich.

17. Auf einen Veränderlichen vom Typus des Algol (kurze Periode, von der aber nur ein geringer Theil auf die Veränderungen kommt) hat Edw. F. Sawyer in Cambridgeport, Massachusetts, aufmerksam gemacht.<sup>1)</sup> Es ist der Stern der Bonner Durchmusterung + 1° 3408, dessen Position für 1855,0

17<sup>h</sup> 9<sup>m</sup> 11<sup>s</sup> Rektasc., + 1° 22'6 Deffl.  
 ist. Es schwankt zwischen 6 und 6,7. Größe in Zeit von 5 Tg. 5 Std. 38<sup>m</sup> 6; ein Minimum fiel auf 1881 December 1 0<sup>h</sup>45<sup>m</sup>. Die Abnahme zum Minimum dauert etwa 10 bis 12 Stunden und ebensoviel Zeit nimmt die Zunahme der Intensität in Anspruch; während der übrigen Zeit behält der Stern seine größte Helligkeit.

Eines andern wahrscheinlich veränderlichen Sternes gedenkt Professor Pickering in seinem Verzeichniß von Sternen mit bemerkenswerthen Spektren, die auf der Sternwarte des Harvard College beobachtet worden sind.<sup>2)</sup> Dieser Stern, dessen Position für 1880,0

16<sup>h</sup> 32<sup>m</sup> 0<sup>s</sup> Rektasc., + 72° 36' Deffl.  
 ist, war am 13. September 1881 ungefähr 8,9. und wenige Abende später 8,6. Größe, und dies scheint ungefähr das Maximum der Helligkeit zu sein. Das eigenthümliche Bandenspektrum desselben brachte Pickering auf den Gedanken, daß derselbe wohl veränderlich in langer Periode sein möge. In der „Bonner Durchmusterung“ fehlt er, obgleich schwächere Sterne in der Nähe angegeben sind.

Einige andere von Professor Safarik in Prag entdeckte neue Veränderliche<sup>3)</sup> sind

1) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2412, S. 187; vgl. auch Millejovich das. Nr. 2417, S. 271.

2) Dies. Nr. 2405, S. 73.

3) Dies. Nr. 2402, S. 21.

|                     |                                                  |             |          |
|---------------------|--------------------------------------------------|-------------|----------|
| T im Perseus        | 2 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> 9, | + 58° 16' 7 | } 1855,0 |
| W = Schwan          | 20 43 51, 2,                                     | + 45 19, 0  |          |
|                     | 20 41 56, 5,                                     | + 45 31, 3  |          |
| V in den Zwillingen | 6 58 9, 8,                                       | + 23 7, 6   |          |

Die beiden Sterne im Schwan sind prächtig hell granatroth. Farbenwechsel des Sternes  $\alpha$  im Großen Bären. — Die von Dr. Klein in Köln entdeckte und namentlich von Weber in Beckeloh weiter verfolgte periodische Veränderung der Farbe des Sternes  $\alpha$  oder Dubhe im Großen Bären (vgl. dies. Jahrb. XIII, S. 50; XV, S. 61) ist später durch Prof. Safarik in Prag und Dr. von Konkoly in D-Ghalla in Zweifel gezogen worden (vgl. dieses Jahrb. XVI, S. 39). Auf Veranlassung des letzteren hat nun der Studierende der Astronomie Rudolf von Kövesligethy eine Reihe von Beobachtungen dieses Sternes am Zöllner'schen Colorimeter angestellt. Dieselben erstreckten sich auf die Zeit vom 19. Juli bis 20. September 1881 und boten 15 Daten dar. Dabei wurde der Farbkreis jedesmal 10 bis 12 mal eingestellt und der wahrscheinliche Fehler berechnet, und um sicherer zu gehen, wurden parallel mit dem genannten auch die beiden Sterne  $\alpha$  und  $\beta$  im Kleinen Bären mit in die Beobachtung aufgenommen. Die am Farbkreise abgelesenen Grade wurden mittels der durch Konkoly in den „D-Ghallaer Beobachtungen 1880“ mitgetheilten Tabelle auf Wellenlänge reducirt. Es ergab sich nun anfangs eine Zunahme der Wellenlänge von 505,6 Milliontel-Millim. am 20. Juni bis 531,2 am 1. August, dann eine Abnahme bis 491,3 am 16. September, worauf wieder eine Zunahme eintrat, und beim Abtragen der erhaltenen Werthe als Ordinaten, während die Zeit die Abscissen bildete, schlossen sich die so bestimmten Punkte leidlich gut an eine steil aufsteigende und dann allmählich fallende Kurve an, deren höchster und tiefster Punkt 529,9 und 494,0 entsprechen, sodas die Farbe des in Frage stehenden Sternes zwischen die Fraunhoferschen Linien E und F fallen und ziemlich gleichmäßig auf beide Seiten der Linie b vertheilt sein würde. Die Periode des Farbenwechsels, zu deren genauer Bestimmung allerdings eine längere Beobachtungsreihe nöthig sein wird, ergibt sich vorläufig gleich 54,5 Tage. Auf Grund dieser Ergebnisse spricht dann v. Konkoly seine Ueberzeugung dahin aus,

daß der von Klein entdeckte periodische Farbenwechsel von  $\alpha$  im Großen Bären wirklich existiert.<sup>1)</sup>

**Fixsternbewegung.** Schon seit Jahren werden auf der Sternwarte zu Greenwich Messungen der Verschiebung der einzelnen Linien in den Spektren von Fixsternen vorgenommen, um daraus die Bewegung der Sterne in Richtung der Gesichtslinie zu ermitteln.<sup>2)</sup> In der Zeit von Mai 1880 bis Mai 1881 wurden bei 43 Sternen 148 Messungen der Verschiebung der Spektrallinie F ausgeführt, bei 27 Sternen 87 Messungen an  $b_1$  und bei 4 von diesen 8 Messungen an  $b_4$ . Von diesen 70 Sternen waren 16 früher nicht untersucht worden. Von Mai 1881 bis Mai 1882 wurden bei 41 Sternen 177 Messungen der Verschiebung von F, bei 19 Sternen 68 Messungen an der Linie  $b_1$  und bei 5 Sternen 9 Messungen an  $b_4$  erhalten. Von den 61 Sternen, die in diesem Jahre untersucht wurden, waren 15 früher nicht nach dieser Richtung geprüft worden. Im Ganzen ist bis Mai 1882 in Greenwich die Bewegung von 106 Fixsternen durch spektroskopische Messungen bestimmt worden. Bemerkenswerth ist das Ergebnis der Messungen am Sirius, dessen Bewegung seit 1877 stetig abgenommen hat; während sie nämlich damals in Richtung der Gesichtslinie 22 engl. Meilen (35,4 km) in der Sekunde betrug, wurde sie 1881/82 nur 7 Meilen (11,3 km) oder weniger gefunden. Da man bei andern Sternen nichts derartiges wahrgenommen hat, so liegt es nahe, diese Erscheinung durch eine Veränderung der Richtung der Bewegung des Sirius in Folge der Beschaffenheit seiner Bahn zu erklären. Doch bedarf wohl die Thatsache selbst erst noch weiterer Bestätigung.

Auf einen Stern mit starker Eigenbewegung hat Gould aufmerksam gemacht<sup>3)</sup>, es ist der Stern 7,5 Größe Nr. 9352 in Lacaille's Verzeichniß; er steht im Sternbild des Südlichen Fisches und wurde von Lacaille am 19. Juni 1752 beobachtet in

$22^{\text{h}} 49^{\text{m}} 37^{\text{s}} 7$  Rektasc. und  $— 37^{\circ} 17' 1'' 0$  Decl.,

1) *Wochenschr. für Astronomie* 1881; Nr. 40; spätere Beobachtungen von v. Kövesligethy *das.* 1882, Nr. 22.

2) Vgl. die Jahresberichte 1880/81 von Airy und 1881/82 von Christie in *Nature* XXIV, p. 127. XXVI, p. 140.

3) *Astron. Nachr.* Bd. 101, Nr. 2377, S. 10.



bezogen auf das Aequinoctium 1750,0. Später ist er 1846, 1865 und 1869 in Washington, 1872 und 1876 in Cordoba beobachtet worden und die letztere Beobachtung im November 1876 gab

$22^{\text{h}} 57^{\text{m}} 51^{\text{s}} 54$  Rektasc., —  $37^{\circ} 33' 58'' 4$  Decl.

für das Aequinoctium 1876,0. Bezieht man beide Positionen auf das Aequinoctium 1875,0 so erhält man

Rektasc. Decl.

für 1752,5  $22^{\text{h}} 56^{\text{m}} 37^{\text{s}} 66$  —  $36^{\circ} 37' 0'' 2$

= 1876,9  $22 57 48, 20$  —  $36 34 17, 7$

und daraus folgt eine jährliche Bewegung im größten Kreise von  $6''9565$ , sodaß dieser Stern nächst dem Stern 1830 des Groombridge-Katalogs, dessen Eigenbewegung  $7''05$  beträgt, die stärkste Eigenbewegung besitzt. Der Positionswinkel der Eigenbewegung (d. h. der Winkel, den letzterer mit der Nordrichtung des Declinationskreises nach Osten hin bildet) beträgt  $79^{\circ} 11'$ .

Eine sehr bedeutende Eigenbewegung zeigen auch die beiden Sterne AÖ,<sup>1)</sup> 14318—19 und 14320—22, wie Professor Schönfeld in Bonn bemerkt hat.<sup>2)</sup> Dieselbe ist besonders deshalb merkwürdig, weil sie beiden in einer gegenseitigen Entfernung von 5 Bogenminuten stehenden Sternen gemeinsam ist. Der hellere, südliche Stern ist 9,2. Größe und seine Position wurde am 12. März 1881

$15^{\text{h}} 2^{\text{m}} 15^{\text{s}} 13$  Rektasc., —  $15^{\circ} 47' 29'' 1$  Decl.

für das Aequinoctium 1855 gefunden; der nördliche Stern ist 9. Größe. Aus den seit 1847 vorliegenden Beobachtungen folgt nun eine Eigenbewegung von —  $0^{\text{s}} 065$  in Rektasc. und —  $3''65$  in Declination oder über  $3''7$  im Bogen des größten Kreises. Das ist ungefähr soviel wie die Eigenbewegung von  $\mu$  in der Cassiopeja ( $3''83$ ) oder  $\alpha$  im Centaur ( $3''67$ ); außer dem oben erwähnten Gould'schen Stern kannte man bisher nur sechs Sterne mit entschieden größerer Eigenbewegung.

Schönfeld macht darauf aufmerksam, daß unter den Sternpaaren von größerem Abstand, deren physische Zusammengehörigkeit durch gemeinsame Bewegung verbürgt ist, dieses das bei

1) Argelanders Zonenbeobachtungen vom 15. bis 31. Grad südl. Decl. von Delzen.

2) Astron. Nachr. Bd. 101, Nr. 2377. S. 11.

weitem Lichtschwächste ist, und daß dasselbe nur von vier oder fünf Paaren, deren Eigenbewegungen aber viel geringer sind, an scheinbarem Abstände übertroffen wird.

**Doppelsterne.** — Nach den für diesen Zweig der Stellar-  
astronomie grundlegenden Arbeiten der beiden *Struve*, Vater  
und Sohn, hat man lange geglaubt, daß wenigstens auf der  
nördlichen Hemisphäre neue Entdeckungen in der Welt  
der Doppelsterne in größerer Anzahl nicht mehr möglich sein  
würden; daß es sich nur noch um eine Nachlese, hauptsächlich  
aber um weitere Beobachtung der bereits entdeckten handeln  
könne. War doch der ältere *Struve* bereits im Jahr 1813,  
als er eben in noch jugendlichem Alter als Observator an die  
Sternwarte in Dorpat gekommen war, schon zur Ausführung  
der Idee verschritten, die eine der wichtigsten Aufgaben seiner  
astronomischen Thätigkeit gebildet hat, zu einer Untersuchung  
der Doppelsterne nach einem möglichst umfassenden Plane. An-  
fangs freilich waren die instrumentellen Hilfsmittel, die ihm  
zu Gebote standen, so unzureichend, daß er Gebrauch machen  
mußte von Rectascensionsdifferenzen, die mit einem Durchgangs-  
instrument von mäßiger Größe beobachtet wurden, ein Ver-  
fahren, das nur ungenügende Resultate liefern konnte. Seine  
Hauptarbeit begann aber 1824, nachdem der *Fraunhofer'sche* Re-  
fraktor von 10 Zoll Oeffnung angelangt war; mit diesem aus-  
gezeichneten Instrumente führte *Struve* im Laufe der nächsten  
13 Jahre über 11,000 Messungen an Doppelsternen aus, welche  
an Genauigkeit alles früher geleistete übertreffen und die Ueber-  
legenheit der Refraktoren über die Spiegelteleskope nachweisen,  
wenn es sich um genaue Messung kleiner Größen handelt. Nach-  
dem er schon 1827 ein Verzeichniß von 3112 Doppelsternen,  
die Frucht einer 2 $\frac{1}{2}$  jährigen Durchmusterung des in Dorpat  
sichtbaren Himmels bis zu 15° südl. Declination, veröffentlicht  
hatte, erschien 1827 das Hauptwerk, die „*Mensurae microme-  
tricae stellarum duplicium*“, das 2710 Doppelsterne enthält,  
indem verschiedene Objekte des ältern Verzeichnisses mit zu  
schwachen Begleitern von den spätern Messungen ausgeschlossen  
wurden. *Struve* beschränkt sich aber nicht auf die Messung der  
Distanzen und der Positionswinkel der Sternpaare, sondern er  
hat auch ihren Ort am Himmel mit einem *Ertef'schen* Me-  
ridiankreis bestimmt, welche Bestimmungen 1852 in dem Werke

„Stellarum fixarum imprimis duplicium et multiplicium positiones mediae pro epocha 1830“ veröffentlicht wurden. Struve's Arbeiten wurden später von seinem Sohne mit dem großen Merz'schen Refraktor von 14 1/2 Zoll Oeffnung in Pulkowa fortgesetzt; derselbe entdeckte noch etwa 500 neue Objekte. Diese Messungen des jüngeren Struve sind 1878 und 1879 im 9. Band der „Observations de Poulkowa“ veröffentlicht worden.

Mittlerweile hatten auch andere Forscher sich diesem interessanten Gebiete der Stellarastronomie zugewandt. So der Engländer W. R. Dawes, der seit 1830 an verschiedenen Orten mikrometrische Messungen der Doppelsterne ausführte, bis ihn die Rücksicht auf seinen Gesundheitszustand 1860 zur Aufgabe von Nachtbeobachtungen nöthigte. Ferner der im vorigen Jahre verstorbene Baron Dembowski, der zuerst in der Nähe von Neapel mit beschränkten Mitteln eine Genauigkeit der Messungen erreichte, die sonst nur an reicher ausgestatteten Sternwarten erlangt wird, und gegen dessen später, zu Gallarate mit einem 7 zölligen Merz'schen Refraktor ausgeführte Beobachtungen diejenigen Sir William Herschels nach dem Urtheile eines Fachkenners <sup>1)</sup> ebenso roh erscheinen, wie Beobachtungen vor Erfindung des Fernrohrs im Vergleich zu solchen aus dem neunzehnten Jahrhundert.

Bei den Beobachtungen von Dawes und Dembowski kamen auch einige höchst bedeutsame Umstände zu Tage. Hierher gehört das Auftreten systematischer Fehler. Schon der ältere Struve fand, daß er Positionswinkel verschieden maß, je nachdem er den Kopf nach der einen oder nach der andern Seiten neigte, und daß auch seine Abstände von denen anderer Beobachter differierten. Indessen verfolgte Struve diese Bemerkung nicht weiter; er begnügte sich beim Beobachten den Kopf gerade zu halten und blieb bezüglich der Distanzen von der Richtigkeit seiner Messungen überzeugt. Aber auch sein Sohn, obgleich ihm ein noch größerer Refraktor zu Gebote stand, beging bei Messung der Doppelsterne Fehler, suchte sie aber auf Grund der Beobachtungen künstlicher Doppelsterne (weiße Elfenbeinscheiben auf schwarzem Grund) zu verbessern, wodurch auch in der That die

1) Doberck in Nature XXVI, p. 154.

Genauigkeit seiner Messungen beträchtlich erhöht wurde, obgleich die Umstände bei Beobachtung künstlicher Doppelsterne wesentlich verschieden sind von denen bei der nächtlichen Beobachtung wirklicher Doppelsterne. Erstere werden z. B. immer in der Nähe des Horizontes beobachtet und stehen fest, letztere bewegen sich und müssen verfolgt werden mit Hilfe eines mehr oder minder mangelhaften Uhrwerkes, das das Teleskop bewegt. Auch Dawes fand bei seinen Messungen systematische Fehler. Er suchte sie zu vermeiden, indem er den Kopf leicht neigte, wenn die Sterne nahezu in einer Vertikalen standen, und indem er vor dem Okular ein Prisma anbrachte, das sie in einer Vertikalen erscheinen ließ, im Falle daß ihre Verbindungslinie einen großen Winkel mit der Vertikalen bildete. Dembowski's Beobachtungen scheinen frei zu sein von systematischen Fehlern, aber mit rühmenswerther Gewissenhaftigkeit hat er diesen Umstand aufs Genaueste geprüft. Zu dem Zwecke hat er Circumpolarsterne verschiedener Klassen in jedem Stundenwinkel rings um den Pol beobachtet, da jener Fehler nicht nur von dem Winkel abhängt, den die Verbindungslinie der beiden Sterne mit der Verbindungslinie der Augen einschließt, sondern auch vom gegenseitigen Abstand der erstern; und da der Fehler sich rasch vermindert, wenn der Abstand wächst, so empfiehlt es sich, von den stärksten Vergrößerungen Gebrauch zu machen, die der Zustand der Luft und die Beschaffenheit des Objektivglases gestatten.

Weiter sind Dunér in Lund, der verstorbene Kaiser in Leiden, Gledhill in Halifax, Dobard in Markree Castle in Conaught in Irland als Förderer unserer Kenntniß der Doppelsterne zu nennen. Besonders aber sind in neuerer Zeit in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika sehr fleißige Doppelsternbeobachtungen ausgeführt worden. So hat im vorigen Jahre Prof. Asaph Hall und Rear-Admiral Rodgers ein Verzeichniß der mit dem großen Clark'schen Refraktor von 26 Zoll (66 cm) Oeffnung der Washingtoner Sternwarte beobachteten Doppelsterne<sup>2)</sup> veröffentlicht. Bei diesen Beobachtungen handelt es sich außer um Messungen der Distanzen und Positionswinkel im Allgemeinen besonders auch um Ent-

1) Dobard a. a. O.

2) Observations of Double-Stars made at the United States Naval Observatory. Washington 1881.

deckung konstanter Fehler durch Vergleichung der Messungen einer ausermählten Zahl von Sternpaaren mit den Ergebnissen anderer Beobachtungen.

Ebenso sind seit mehreren Jahren schon eine Reihe bemerkenswerther Doppelsternmessungen auf der Sternwarte von Cincinnati von Ormond Stone mit einem Clark'schen Refraktor von 11 Zoll (27,9 cm) Oeffnung ausgeführt worden, dessen Objektiv vor einiger Zeit durch die Clarks korrigiert und wesentlich verbessert worden ist. Besonderes Interesse dürfen die hier ausgeführten Messungen südlicher Sterne beanspruchen.

Vor allen sind aber die Beobachtungen und Entdeckungen von Sherburn Wesley Burnham in Chicago in hohem Grade beachtenswerth. Dieser, von Beruf ursprünglich Journalist, richtete im Jahre 1871 im Garten seiner Wohnung in Chicago ein kleines Observatorium mit einem Fernrohr von 6 Zoll (15 cm) Oeffnung ein. Mit diesem Instrumente unternahm er nun eine Revision der früheren Doppelsternkataloge und es gelang ihm dabei eine große Anzahl neuer Doppelsterne aufzufinden. Neun kleinere Verzeichnisse, die er in den Jahren 1873 bis 1877 in den Monthly Notices der Königlich-Gesellschaft in London veröffentlichte, enthalten 482 neue Objekte, und seitdem ist die Zahl der von Burnham entdeckten Doppelsterne auf etwa 900 gestiegen.

Seit 1877 benutzt derselbe den großen Clark'schen Refraktor der Dearborn-Sternwarte zu Chicago von 18 $\frac{1}{2}$  Zoll (47 cm) Oeffnung. Das Objektiv dieses prachtvollen Instruments war ursprünglich für die Mississippi-Universität bestellt worden; durch den Ausbruch des Bürgerkriegs wurde aber seine Ablieferung verhindert, und daher waren Clark und Söhne 1862 noch im Besitz dieser Linse, der größten die damals existierte und bereits berühmt durch die bei ihrer Prüfung am 31. Januar 1861 von dem jüngern Alvan Clark gemachte Entdeckung des Siriusbegleiters. Um diese Zeit entstand die Astronomische Gesellschaft von Chicago unter dem Vorsitz von J. Young Scammon. Dieser und Thomas Hoyne sicherten Chicago den Besitz des Clark'schen Objektivs; die erforderlichen Summen, 11,000 Dollar für das Objektiv und 7,000 Dollar für die Montierung, wurden durch öffentliche Zeichnung zusammenge-

bracht, und Scammon selbst gab noch 30,000 Dollar für Herstellung der nöthigen Baulichkeiten.

Besonders bemerkenswerth ist der Umstand, daß Burnham bei vielen von Struve untersuchten Doppelsternen noch einen neuen, häufig sehr nahen Begleiter entdeckt hat. In manchen Fällen kann derselbe wohl Struve entgangen sein, weil er ungünstiger stand als gegenwärtig; in der Mehrzahl der Fälle dürfte aber der größeren Schärfe des Clark'schen Refraktors die Entdeckung zu verdanken sein. Denn bei der Beobachtung von Doppelsternen ist vollkommenste Schärfe der Bilder von der größten Wichtigkeit; ohne solche sind Messungen enger Doppelsterne gar nicht möglich. Die großen Refraktoren der Neuzeit harren in dieser Beziehung noch ihrer Ausnutzung.

Unter den Sternen, bei denen Burnham neue Begleiter entdeckt hat, nennen wir den durch seine Veränderlichkeit bekannten Algol im Perseus, der außer dem von Schröter entdeckten Begleiter noch drei näher stehende hat; ferner Aldebaran im Stier, der noch einen viel näheren Begleiter als den von Herschel und Struve beobachteten besitzt; den durch seine intensiv rothe Farbe ausgezeichneten Stern  $\mu$  im Cepheus, Herschels „Granatstern“, mit zwei schwachen Begleitern, und den wegen seiner starken Eigenbewegung ( $1''30$  jährlich) bemerkenswerthen Stern 85 im Pegasus, der auch den Untersuchungen Brünnow's zufolge eine merkliche Parallaxe besitzt; dieser Stern 6. Größe hat in  $0''7$  Abstand einen Begleiter 13,5. Größe.

Für die Doppelsterne  $\Sigma 1757$ ,  $O\Sigma 208$  ( $\varphi$  im Großen Bären) und  $\Sigma 1819$  hat der amerikanische Schiffslieutnant J. L. Casey folgende auf graphischem Wege ermittelte Elemente veröffentlicht<sup>1)</sup>:

|                                              | $\Sigma 1757$      | $O\Sigma 208$      | $\Sigma 1819$        |
|----------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| Länge des Knotens $\Omega$ . . . . .         | $344^{\circ} 43'$  | $105^{\circ} 18'$  | $37^{\circ} 31'$     |
| Vom Knot. zum Periastron $\lambda$ . . . . . | $315 28$           | $72 7$             | $348 56$             |
| Neigung der Bahn $\gamma$ . . . . .          | $29 32$            | $57 57$            | $37 31$              |
| Excentrität $e$ . . . . .                    | $0,5079$           | $0,788$            | $0,3052$             |
| Durchgang d. d. Periastr. T . . . . .        | $1797,42$          | $1877,12$          | $1797,0$             |
| Umlaufszeit P . . . . .                      | $401,0 \text{ J.}$ | $115,4 \text{ J.}$ | $340,1 \text{ Jahr}$ |
| Große Halbachse . . . . .                    | $2''29$            | $0''54$            | $1''46$              |

1) Astron. Nachr. 101, Nr. 2415, S. 239; Nr. 2417. S. 271 Nr. 2421, S. 331.

Bei der Gelegenheit der Veröffentlichung dieser Bahnelemente macht Professor Thiele, Direktor der Sternwarte in Kopenhagen darauf aufmerksam, daß leider nicht bezweifelt werden kann, daß die Mehrzahl der bis jetzt publizierten Doppelsternbahnen gänzlich verfehlt ist. „Die gemeinsame Ursache ist in der Anwendung der Herschel'schen graphischen Methode zu suchen, die immerhin den Rechner leicht verführen kann, den ausgeglichenen Beobachtungen zu viel Vertrauen zu schenken. Es gehören viele unangenehme Erfahrungen und eine (bei Amateurs seltene) große Selbstkritik dazu, sich zu hüten, daß man nicht die Beobachtungen, wenn sie an sich nicht hinlänglich sind, mit dem Erzeugnisse seiner Phantasie ergänzt.“

Nebel. — Einen bemerkenswerthen Fortschritt der Astrophotographie bildet die Thatsache, daß es gelungen ist, selbst so lichtschwache Objekte, wie Nebelflecke zu photographieren. Henry Draper in New-York erhielt zum erstenmale in der Nacht des 30. September 1880 mit einem Tripel-Objektiv von 11 Zoll Oeffnung von Alvan Clark u. Söhne, das für photographische Strahlen besonders korrigiert war, bei 50 Minuten Exposition ein photographisches Bild des hellen Theiles des Orionnebels in der Nachbarschaft des Trapezes, welches das flockige Aussehn dieser Gegend deutlich zeigte. Später gelang es, auch von den äußeren, lichtschwächeren Theilen Bilder zu erhalten, welche die wesentlichsten Einzelheiten zeigen; hierzu war aber eine Exposition von mehr als 2 Stunden erforderlich, und da 180 fache Vergrößerung angewandt wurde, so machte es viel Schwierigkeit, während dieser ganzen Zeit das Bild völlig genau auf derselben Stelle der empfindlichen Platte zu erhalten.

Auch das Spektrum dieses Nebels ist sowohl von Draper<sup>1)</sup> als auch von Huggins<sup>2)</sup> photographiert worden. Der letztere bediente sich dabei desselben Apparates wie zum Photographieren der Sternspektra und erhielt am 7. März d. J. bei 45 Minuten Exposition ein von F bis über M (im Ultraviolett) sich erstreckendes Spektrum vom hellsten Theile des Nebels (dicht beim Trapez). Schon vor fast zwei Jahrzehnten hat Huggins im Spektrum des Orionnebels vier helle Linien erkannt, deren

1) Nature XXVI, p. 34.

2) Nature XXV, p. 489.

hellste die Wellenlänge  $\lambda = 5005$  besitzt und mit der weniger brechbaren Komponente in der stärksten Doppellinie des Stickstoffspektrums zusammenfällt; die zweite ist  $\lambda = 4957$ , die dritte und vierte sind Wasserstofflinien,  $H_{\beta}$  oder F und  $H_{\gamma}$  nahe bei G. Auf der Photographie sind diese Linien nur schwach sichtbar, doch erkennbar und meßbar. Dazu kommt eine verhältnißmäßig starke Linie im ultravioletten Theil, ungefähr  $\lambda = 3730$ ; wegen der weiten Spaltöffnung des Apparates ist die Bestimmung der Lage nicht ganz sicher und ebenso läßt sich nicht mit Gewißheit entscheiden ob die Linie einfach oder doppelt ist. Sie scheint der typischen Linie  $\zeta$  im Spektrum der weißen Sterne zu entsprechen, die dort allerdings schwächer ist als  $H_{\gamma}$ , während sie im Nebelspektrum heller ist. Die Abwesenheit der Wasserstofflinien zwischen 3730 und  $H_{\gamma}$  läßt sich zwar nicht mit Bestimmtheit behaupten; jedenfalls sind aber diese Linien nur ganz schwach.

Außer dem Linienpektrum zeigt Huggins' Photographie noch ein engeres kontinuierliches Spektrum, das er auf Rechnung des Sternlichtes setzt.

Nicht ganz damit übereinstimmend sind die Schlüsse die Draper aus seinen im März dieses Jahres erhaltenen Photographien zieht. Derselbe glaubt zwei verdichtete Regionen in dem Orionnebel entdeckt zu haben, die dem Trapez gerade vorausgehen und ein kontinuierliches Spektrum geben, also entweder aus Gas unter sehr hohem Druck bestehen oder fest oder tropfbarflüssig sind. Auch andere Partien scheinen ein kontinuierliches Spektrum zu liefern. Die Linie  $H_{\gamma}$  ( $\lambda = 4340$ ) ist stark und scharf bestimmt in Drapers Photographien, schwächer ist  $H_{\delta}$  ( $\lambda = 4101$ ), und außerdem sind Spuren schwacher Linien im Violett vorhanden. Huggins' Linie  $\lambda = 3730$  ist nicht zu erkennen.



## II.

## Physik und Meteorologie.

## Akustik.

## Maß der Schallstärke.

Seit einer Reihe von Jahren mit Konstruktion von Vorrichtungen beschäftigt, welche die Stärke jedwedes gegebenen Schalles und Tones, sowie die Schallleitungsfähigkeit der Körper jeden Aggregatzustandes zu messen gestatten, hat Professor Bierordt in Tübingen zunächst die Vorfrage auf experimentellem Wege erledigt, wie die Schallstärke aus bekannten Versuchsbedingungen berechnet werden muß. Zu diesem Zweck können nur Kugeln benutzt werden, die man durch einen beliebigen Raum auf schwingungsfähige Platten fallen läßt, da bei fast allen übrigen Schall- und Tonerzeugungsweisen die Momente, welche die Schallstärke bestimmen, sich nicht, oder doch nicht mit der wünschenswerthen Genauigkeit messen lassen. Diese Versuche <sup>1)</sup> führten zu dem unerwarteten Ergebnis, daß das akustische Maß der Schallstärke nicht, wie u. A. Fechner in seinen Elementen der Psychophysik zu zeigen versucht hat, durch das Geschwindigkeitsquadrat, sondern, entsprechend einer ältern Annahme von Schafhäutl, durch die einfache Geschwindigkeit gegeben ist, welche das Fallgewicht im Augenblick seines Aufschlagens auf die schwingungsfähige Platte hat. Die Schallstärke ist somit nicht

$$= p \cdot 2gh \text{ (Formel I),}$$

wie die physikalische Theorie bisher annahm, sondern

$$p = \sqrt{2gh} \text{ (Formel II),}$$

wobei  $p$  Gewicht der Fallkugel,  $g$  Fallbeschleunigung (9810 mm)

1) Zeitschr. f. Biologie, Bd. 14, S. 300.

und  $h$  die Fallhöhe ist. Der Beweis hierfür wurde, abgesehen von andern Versuchsformen, dadurch hergestellt, daß ein Fallkugeln von 56 mg Gewicht der Reihe nach durch 6 verschiedene Höhen auf eine Zinntafel fiel, während bei einem zweiten Kugeln von 36,5 mg Gewicht der Fallraum so lange abgeändert wurde, bis die Stärke des entsprechenden Schalles dem des ersten Kugeln gleich war. In jedem Versuchspaar stimmten die nach Formel II berechneten Schallstärken sehr viel besser mit einander überein, als diejenigen, welchen die von der Theorie verlangte Formel I zu Grunde lag.

Indessen entging es Bierordt nicht, daß die nach Formel II berechneten Schallstärken des leichteren Fallkugeln ohne Ausnahme etwas niedriger als die des schwereren sind; während sie den letzteren gleich sein, oder nur unregelmäßig nach beiden Seiten um die Gleichheit schwanken sollten. Dieser Umstand hat u. a. bei Fechner Bedenken erregt. Dagegen ist neuerdings auch A. Oberbeck<sup>1)</sup> durch eine sinnreiche Methode, die unter Anwendung des Mikrophons auf der Erregung meßbarer elektrischer Ströme durch Schallschwingungen beruht, zu wesentlich denselben Ergebnissen gelangt wie Bierordt. Die Uebereinstimmung erscheint um so bemerkenswerther, als die Versuchsmethode des letzteren, als physiologische, auf dem Empfindungsinhalt beruht, während die Oberbeck'sche als das erste, mindestens theilweis gelungene, Beispiel einer schon so lange vergeblich gesuchten objektiven (physikalischen) Schallstärkemessung dasteht. Oberbeck findet, „daß die Schallintensität nicht proportional der aufgewandten Energie wächst“, sondern viel langsamer zunimmt als die Fallhöhe und eher proportional der Quadratwurzel aus der Fallhöhe ist. Er schließt außerdem aus seinen Versuchen: „Die Intensitäten sind den Fallgewichten innerhalb gewisser Grenzen proportional. Bei großen Gewichten wachsen dieselben etwas langsamer.“

Sind die Gewichte gleich, die Fallhöhen  $h$  und  $h'$  verschieden, die Intensitäten  $J$  und  $J'$  und setzt man

$$\frac{J}{J'} = \left( \frac{h}{h'} \right)^\varepsilon,$$

so findet Oberbeck für  $\varepsilon$  die Werthe

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. XIII, S. 222.

für Bleifugeln  $\varepsilon = 0,629$

= „ „ „  $\varepsilon = 0,638$

= Steinfugeln  $\varepsilon = 0,656$ ;

aus Bierordt's Versuchen aber erhält er  $\varepsilon = 0,622$ .

„Mag auch“, so bemerkt Oberbeck, die Uebereinstimmung mehr eine zufällige sein, so ist doch nunmehr durch subjektive und objektive Versuche bewiesen, daß die Schallintensität etwas schneller wächst als die Quadratwurzel der Höhe ( $\varepsilon = 0,5$ ) und jedenfalls viel langsamer als die Fallhöhe selbst.“

Nach diesen sich gegenseitig ergänzenden Erfahrungen erschienen wiederholte Versuche sehr wünschenswerth, wobei namentlich auch für möglichst große Abänderung der Versuchsbedingungen zu sorgen war. Solche sind von Bierordt unternommen worden <sup>1)</sup>, und es hat derselbe dabei, statt wie früher auf der Gleichmachung zweier Schallstärken, auf der Herstellung der Empfindungsschwelle gefußt. Er unternahm diese Versuche mit um so größerem Vertrauen, als E. Nörr in einer im Tübinger physiologischen Institut durchgeführten experimentellen Arbeit (s. dieses Jahrb. XVI, S. 113) die Thatsache nachgewiesen hat, daß unser Unterscheidungsvermögen für Schallstärken selbst im Bereich sehr schwacher, dem Schwellenwerthen nahestehender, Schalle keine Minderung erleidet, daß also das Fechner'sche Gesetz auf diesem Gebiet auch an der unteren Grenze der Reizstärke noch unbeschränkte Gültigkeit hat.

Als Fallgewichte dienten zwei Bleifügelchen von  $p = 4,35$  und  $p' = 1,58$  mg Gewicht, und es galt nun diejenige Fallhöhe zu ermitteln, bei welcher das auf eine Zinntafel von 2406 g Gewicht fallende Kugelchen eine eben noch merkliche Hörempfindung erregte.

Dhne auf die bei Schwellenversuchen im akustischen Gebiet erforderlichen Rautelen, sowie auf die speziellen Versuchsbedingungen näher einzugehen sei bloß bemerkt, daß die Empfindlichkeit des Sinnes innerhalb derselben Versuchsstunde, oder an verschiedenen Versuchstagen, selbstverständlich nicht gleich bleibt; doch sind die Schwankungen geringer, als man von vorn herein erwarten möchte, sie betragen bloß etwa das 2—3 fache, selbst in langen Zeiträumen. Dabei ist nicht zu vergessen, daß

1) Zeitschrift für Biologie. Bd. XVII, S. 361.

die Schwankungen der Empfindungsschwelle für die vorliegende Frage völlig gleichgültig sind, indem es bloß darauf ankommt, daß bei je zwei, schnell auf einander folgenden, Versuchen (mit den zwei verschiedenen Gewichten) der Schwellenwerth sich nicht wesentlich verändert.

Während Bierordt bei den früheren Versuchen den Ton der Zinnplatte aus der Luft hörte, wurde derselbe diesmal durch einen 20 cm langen soliden Konduktor von Eichenholz gehört, dessen unteres Ende auf die Zinnplatte gesetzt wurde, während das Ohr an das obere Ende angedrückt war.

Aus 31 auf 7 Tage vertheilten Versuchen ergab sich nun für den Quotienten der Fallhöhe  $h$  für das leichtere und  $h'$  für das schwerere Gewicht der Mittelwerth

$$\frac{h}{h'} = 5,585;$$

und da das Verhältniß der Gewichte

$$\frac{p'}{p} = 2,753$$

war, so lieferte die aus Formel II sich ergebende Gleichung

$$\frac{p'}{p} = \left(\frac{h'}{h}\right)^\varepsilon$$

für  $\varepsilon$  den Werth

$$\varepsilon = 0,589.$$

Dieser Werth von  $\varepsilon$  ist sowohl den früheren Bierordt'schen, als auch dem aus den Oberbed'schen Versuchen berechneten ziemlich nahe, obgleich die Bedingungen in den drei Versuchsreihen durchaus, zum Theil sogar prinzipiell verschieden sind.

Zur weiteren Prüfung änderte Bierordt dann die Bedingungen der Schallerzeugung noch so eingreifend wie möglich ab.

I. Ein über 7 m langer und über 17 kg schwerer Cylinder von Tannenholz ging an jedem Ende in ein viereckiges Holzstück über; auf dem einen der letzteren lag die Zinntafel, die durch Fallkugeln erschüttert wurde, auf das andere wurde der Konduktor aufgesetzt. Der Schall hatte somit einen verhältnismäßig langen Weg bis in das Ohr des Beobachters zurückzulegen, und die dadurch bedingten Verluste an Schallstärke machten schwerere Fallkugeln nöthig. Es war  $p = 12,6 \text{ mg}'$

$p' = 36,5 \text{ mg}$ ,  $h = 100 \text{ m}$ ,  $h' = 16 \text{ mm}$ , und hieraus ergab sich  $\varepsilon = 0,581$ .

II. Zwölf Zinntafeln, im Gesamtgewicht von mehr als 35 kg wurden zu einer 17 cm hohen Schicht übereinander auf den Versuchstisch gelegt. Als Fallkugeln dienten dieselben wie bei I, auf das eine Ende der obersten Zinntafel fielen die Fallgewichte, während der Schall durch den auf das andere Ende aufgesetzten Konduktor gehört wurde; Resultate:  $h = 60 \text{ mm}$ ,  $h' = 9 \text{ mm}$ ,  $\varepsilon = 0,560$ .

III. Unter die gewöhnlich verwendete Zinntafel wurden sechs Lagen dicken Baumwollbibers gelegt; die Gewichte waren die der Hauptversuchsreihe  $p = 1,58 \text{ mg}$ ,  $p' = 4,35 \text{ mg}$ . Resultate:  $h = 50 \text{ mm}$ ,  $h' = 7,5 \text{ mm}$ ,  $\varepsilon = 0,534$ .

IV. Um auch mit einer andern Schallquelle zu experimentieren, benützte Bierordt eine gewöhnliche, von einem Holzrahmen eingefasste, Schieferschreibtafel. Die Fallgewichte waren wie beim vorigen Versuch,  $h = 42 \text{ mm}$ ,  $h' = 6,5 \text{ mm}$ ,  $\varepsilon = 0,543$ .

Die Versuche I bis IV wurden nicht wiederholt angestellt; im Mittel ergibt sich aus ihnen  $\varepsilon = 0,543$ .

In diesen Versuchen sind die gewöhnlichen Bedingungen bedeutend abgeändert, indem entweder die Leitung des Schalles von der Schallquelle bis ins Ohr (I), oder die Vertheilung des Schalles von der Schallquelle aus in die umgebenden Medien (II und III) wesentlich verändert, oder (in IV) eine neue Schallquelle benützt worden ist. In jedem einzelnen dieser Fälle ist aber von der der Schallquelle zugeführten mechanischen Energie gleich viel verloren gegangen, also nicht zur akustischen Verwendung gekommen, mag eine schwerere Fallkugel und ein kleinerer Fallraum, oder eine leichtere Kugel und ein größerer Fallraum zur Herstellung der Empfindungsschwelle benützt worden sein. Warum bei diesen Versuchen die Fallhöhe mit einem konstanten, oder doch nahezu konstanten, Exponenten in Wirksamkeit kommt und warum dieser den Werth von ungefähr 0,6 annimmt, wird erst nach umfassenden und mühsamen messenden Versuchen (deren Ausführbarkeit jedoch nichts im Wege steht) über die allseitige Ausbreitung der Schwingungen von der Schallquelle aus möglich sein. Bierordt's seitherige Erfahrungen scheinen dafür zu sprechen — vorausgesetzt, daß die Leitung von der Schallquelle bis zum Ohr unverändert bleibt —, daß von

einer bestimmten Erschütterung der Schallquelle ein bestimmter Antheil an das Ohr abgegeben wird, mag die Schallquelle nach allen übrigen Richtungen von gut oder schlecht leitenden Körpern umgeben sein.

Die oben erwähnte Arbeit von A. Oberbeck<sup>1)</sup> knüpft an Versuche Wilh. Weber's an, der sich 1846 mit der Aufgabe beschäftigte, die Schallstärke mit Hilfe elektrischer Ströme zu messen. Zu dem Zwecke erregte er durch Transversalschwingungen eines magnetisierten Stahlstabes in passend gelegenen Drahtspiralen alternierende Ströme, deren Intensität durch das Elektrodynamometer gemessen werden konnte. Die Weber'sche Versuchsform läßt sich nun zwar wohl kaum so modificieren, daß man mit ihrer Hilfe die Intensität der in der Luft sich ausbreitenden Schallwellen wird bestimmen können, der Grundgedanke aber, durch Schallschwingungen elektrische Ströme zu erregen, welche als Maß der ersteren dienen können, ist durch Oberbeck mit Hilfe des Mikrophons verwirklicht worden.

Das von Oberbeck benutzte, nach der Angabe von Eüdtge konstruierte Mikrophon besteht aus einem hölzernen Resonanzkasten von 20 cm Länge, 11,5 cm Breite und 3 cm Höhe, auf dessen Oberseite in der Mitte in einer Metallhülse ein kleiner Kohlenzylinder befestigt ist, auf welchem ein an dem einen Ende eines zweiarmigen Messinghebels angebrachter zweiter Kohlenzylinder aufliegt; dieser Hebel ist um eine horizontale Achse drehbar und sein zweiter Arm trägt ein verschiebbares Gegengewicht, welches so festzustellen ist, daß sich beide Kohlenzylinder unter mäßigen Druck berühren. Bei dem Oberbeck'schen Apparate war der Druck so zu regulieren, daß der Widerstand an der Berührungsstelle sich von einer bis zu 10 Siemens-Einheiten verändern ließ.

Das Mikrophon kann nun betrachtet werden als ein Resonator, durch dessen Schwingungen der Widerstand der beiden leicht gegen einander gedrückten Kontakte periodische Aenderungen erleidet. Befindet sich das Mikrophon in einem geschlossenen Stromkreise, so erfährt die Stromstärke bei der Erregung des Mikrophons durch Schall entsprechende periodische Aenderungen, die man mit Hilfe eines geeigneten Elektrodynamo-

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. XIII, S. 222.

meters messend verfolgen könnte. Doch hatte Oberbeck hierzu nicht Gelegenheit. Die von ihm benutzte Methode beruht darauf, daß man mit Hilfe des durch Schall erregten Mikrophons auch solche elektrische Ströme erzeugen kann, welche ihre Richtung nicht periodisch wechseln, so daß man dieselben mit einem Galvanometer beobachten kann. Dabei ist es nun eine schon von Hughes beobachtete Thatsache, daß die Vermehrungen und Verminderungen des Widerstands während der Erregung durch Schwingungen nicht immer von gleicher Größe sind, daß vielmehr erstere größer sind als letztere, und daß daher der mittlere Widerstand an der Kontaktstelle während der Schwingungen größer wird. Wird nun die Resonanzplatte durch Luftschwingungen in Oscillationen versetzt, so wird ihre Schwingungsamplitude und damit auch die Druckänderung an der Kontaktstelle unter sonst gleichen Umständen proportional sein den Schwingungsamplituden der Luft. Das Quadrat dieser letztern kann aber als Maß der Schallstärke angesehen werden, und die weitere Untersuchung zeigt, daß die Veränderung des mittleren Widerstands an der Kontaktstelle proportional der Schallstärke ist. Es handelt sich also nur noch um die Messung der Widerstandsänderung.

Zu dem Zwecke wurde das Mikrophon in den einen Zweig einer Wheatston'schen Drahtkombination eingeschaltet und demselben ein möglichst gleicher Widerstand im andern Zweige gegenüber gestellt. Im Brückendraht, welcher für gewöhnlich stromlos war, wurde ein Spiegelgalvanometer von mäßiger Empfindlichkeit aufgestellt. Den galvanischen Strom lieferte eine Noë-Dörffel'sche Thermosäule. Tritt nun eine plötzliche Aenderung des Widerstands im Mikrophon ein, so fließt ein Strom durch den Brückendraht und das Galvanometer schlägt aus. Aus der durch den Ausschlag bestimmten Stärke dieses Stromes kann man auf die Größe der Widerstandsänderung schließen.

Diese Messungsmethode war zunächst zur Messung eines schnell verhallenden kurzen Schalles, z. B. des Knalles beim Zusammenstoß fester Körper oder des Tones einer gerissenen Saite bestimmt; da es aber bei längere Zeit andauernden Tönen schwer ist, dieselben konstant zu erhalten, so wandte Oberbeck auch für sie dasselbe Verfahren an, begnügte sich aber mit Messung des ersten Ausschlages.

Untersucht wurden der Schall beim Auftreffen von Kugeln auf Holzplatten, die Töne eines Pianos, die Pizzicatotöne einer Bioline, die Töne einer gedachten Holzpfeife und die der menschlichen Stimme.

Bei der Untersuchung des Knalles beim Aufschlagen fallender Kugeln stellte sich nun der oben erwähnte Satz heraus, daß die Schallstärke etwas schneller wächst als die Quadratwurzel aus der Höhe, aber viel langsamer als letztere selbst. Oberbeck gesteht zwar, daß er eine allseitig befriedigende Erklärung hierfür nicht geben kann, macht aber auf einige Umstände aufmerksam, die es begreiflich erscheinen lassen, daß die Schallintensität nicht der Energie der Kugeln proportional ist. Dahin gehört die Elasticität der Platte und der Kugel, welche bewirkt, daß letztere immer einen Theil ihrer verlorenen Energie wieder empfängt, der nun für die Schallbewegung unwirksam wird.

Bei Schallquellen, welche musikalische Töne von bestimmter Höhe geben, hält es im Allgemeinen schwer, die zur Tonerzeugung aufgewandte Energie zu messen. Am besten läßt sich dies noch bei einer durch einen kontinuierlichen Luftstrom angeblasenen Pfeife bewerkstelligen. Oberbeck benutzte daher zu diesen Messungen eine gedachte, leicht ansprechende Holzpfeife, deren Tonhöhe durch einen verschiebbaren Stempel verändert werden konnte. Dabei stellte sich indessen als störend der Umstand heraus, daß auch kleine Aenderungen der Tonhöhe, wie sie bei Druckveränderungen stets eintreten, einen Einfluß auf das Mikrophon üben, sodaß die Wirkung der Tonerhöhung unter Umständen diejenige der Intensitätsvergrößerung aufhebt.

Im ganzen scheint aus den Beobachtungen hervorzugehen, daß innerhalb gewisser Grenzen Energie und Schallstärke proportional sind. Bei bedeutenden Druckveränderungen ist das nicht mehr der Fall, wie schon Versuche von Wertheim und Emsmann dargethan habe; bei zu starken Druck sprechen nämlich die Pfeifen überhaupt nicht mehr an.

#### Neue akustische Apparate von Weigle.

Auf der vorjährigen württembergischen Landesgewerbeausstellung erregte eine größere Sammlung akustischer Apparate des rühmlichst bekannten Orgelbaumeisters Gotthilf Fr. Weigle in Stuttgart die Aufmerksamkeit der Besucher. Allabendlich



wurden vor einem dichtgedrängten Zuhörererkreis Versuche mit denselben angestellt. Später hat Weigle auch anderwärts, z. B. am 30. Juni d. J. in Leipzig, seine Apparate vorgeführt und damit den Beifall der Sachkenner erworben. Im Folgenden geben wir nach E. Hartmann<sup>1)</sup> eine kurze Beschreibung der interessantesten dieser Apparate, soweit dieselben neu sind.

Das *Motorophon*. Dieser Apparat besitzt eine Welle, die durch doppelte Riemenübersezung bei mäßigem Kraftaufwand 400 Umdrehungen in der Sekunde macht. An dieser Welle ist ein beliebig verstellbarer Excenter mit einer Pleuelstange angebracht, deren Ende an einer Membrane in geeigneter Weise befestigt ist. Letztere besteht aus einem Paukenfell von 40 cm Durchmesser und kann durch einen Spannrahmen mittels Schrauben straff gezogen werden. Dieselbe wird bei Inbetriebsetzung der Maschine so oft hin und her gestoßen, als die Excenterwelle Umdrehungen macht, und es entsteht dadurch ein Ton von ganz außerordentlicher Intensität, der um so stärker wird, je größer die Schwingungsweite ist, die durch Veränderung des Excenters reguliert werden kann. Die Tonhöhe hängt von der Schwingungszahl der Membran, beziehentlich der Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle ab und kann von  $C_2$  (16 Schwingungen in der Sekunde) bis zum  $a^1$  (440 Schwingungen in der Sekunde) gesteigert werden.

Durch Anbringung eines Schallbeckers wird der Ton noch stärker, voller und musikalischer, und es wächst diese Verstärkung mit der Größe des Schallbeckers. Da ferner durch Betrieb mittels einer Kraftmaschine sowohl die Schwingungsweite als die Schwingungsanzahl ganz erheblich vergrößert werden kann, so lassen sich ohne Zweifel auf diese Art Töne von so ungeheurer Stärke erzeugen, daß das Weigle'sche Motorophon nach dieser Richtung alle bisher bekannten Signalapparate, Nebelhörner u. dgl. bei Weitem übertreffen muß. Wird ja doch schon in seiner jetzigen Ausführung mit Handbetrieb bei unvorsichtiger Näherung das Gehör in gefährdender Weise afficiert. Vorläufig bleibt das Motorophon ein interessanter physikalischer Vorlesungsapparat, welcher recht deutlich zeigt, wie Bewegung fast ohne Kraftverlust in Schall umgesetzt werden kann; welcher

1) Centralzeitung für Optik und Mechanik. III. Jahrgang (1882), Nr. 1, S. 8.

ferner beweist, daß die Stärke des Tones mit der Größe der Schwingungsweite, und die Höhe mit der Größe der Schwingungszahl wächst, und der endlich dazu dienen kann, interessante Interferenz-Erscheinungen der Membrantöne und verschiedene andere akustische Experimente zu demonstrieren.

Der *Phonomotor*, der zweite Weigle'sche Apparat, dessen Name schon andeutet, daß damit das Umgekehrte vom vorhergehenden Apparat, nämlich die Umsezung von Schall in Bewegung bewirkt wird, ist vielleicht noch interessanter. An einem Holzgestell ist eine senkrecht stehende Membran befestigt, vor welcher ein Schalltrichter behufs Verstärkung und Konzentration der Schallwellen auf ihren Mittelpunkt angebracht ist. Auf der andern Seite der Membran ist in der Mitte eine kleine leicht federnde Klinke befestigt, die in ein mit äußerst feinen Zähnen versehenes Rad eingreift. Richtet man nun irgend einen starken Ton, am besten den des Motorophons gegen die Oeffnung des Schalltrichters, so geräth die Membran mit der Klinke in Mitschwingung, wodurch das Zahnrädchen bei jeder Schwingung um einen Zahn vorwärts geschoben, bei einem hohen Ton also mit großer Umdrehungsgeschwindigkeit bewegt wird. Mit diesem Rädchen ist durch Schnurlauf ein zweites von mit Farbenspindel bemaltem Karton verbunden, das sich dann so rasch dreht, daß sich die Farben zu Weiß vermischen. Auf diese Weise kann die durch den Schall entstehende Bewegung leicht auf größere Entfernung sichtbar gemacht werden.

Mit diesen beiden Apparaten kann man also die Umsezung von Schall in Bewegung demonstrieren, und es ist damit ein weiterer Beweis von der Erhaltung der Energie im Weltall gegeben, der sich den bisher schon bekannten Umsezungen von Bewegung (kinetischer Energie) in Elektrizität, Magnetismus, Wärme, Licht und umgekehrt anreihet.

Das *Elektromagnetophon*, der dritte der zu besprechenden Apparate, besteht aus einer Eisenblech-Membran, welche an einem Schallbecher befestigt ist. Ueber derselben befindet sich ein Elektromagnet, während auf der untern Seite ein in Quecksilber tauchendes Platin-Stiftchen angebracht ist. Sobald nun der Elektromagnet in Thätigkeit gesetzt wird, zieht er die Membran mit dem Stiftchen an, welches dadurch aus dem Quecksilber tritt und den Strom unterbricht. Der Elektromagnet läßt

die Membran daher wieder los, das Stifftchen taucht von neuem in das Quecksilber und so wiederholt sich der Vorgang so oft die Membran Schwingungen macht; ihre Schwingungszahl hängt von ihrer Spannung ab und beträgt bei diesem Apparat 400 in der Sekunde.

Im Verhältnis der Stärke der hierzu verwendeten Batterie ist der erzeugte Ton sehr kräftig, und es läßt sich leicht einsehen, daß bei Anwendung großer dynamoelektrischer Maschinen und starker Elektromagnete Töne von solcher Intensität erzeugt werden können, daß sie sich leicht werden für Signalzwecke verwenden lassen; doch dürfte zur praktischen Verwerthung der folgende Apparat brauchbarer sein, bei dem statt des Quecksilberkontaktes ein fester schleifender Kontakt verwendet ist.

Es ist dies die elektromagnetische Membran-Sirene, die im Allgemeinen ganz ähnlich wie der obige Apparat konstruirt, mit einem auf eine Schwungmaschine aufgesetzten metallischen Unterbrechungsrad versehen ist, an welchem eine metallische Feder schleift. Wird dieses Unterbrechungsrad langsam gedreht, so entsteht ein tiefer Ton, der wie bei der gewöhnlichen Sirene mit dem Wachsen der Umdrehungsgeschwindigkeit und der hierdurch entstehenden Vermehrung der Unterbrechungen des galvanischen Stroms höher wird.

Ein anderer Apparat besteht aus einem Resonanzkästchen und einer davor aufgestellten Stimmgabel, welche in Rotation versetzt werden kann. Je nach der Stellung, welche die Stimmgabel bezüglich ihrer Kanten zum Resonanzkästchen einnimmt, entsteht beim Anstreichen entweder ein kräftiger Resonanz- oder ein schwacher Interferenzton. Diesen letzteren findet man bei genauer Prüfung schon ein wenig höher als den ersteren, doch allerdings kaum merklich; sobald aber die Stimmgabel rotiert, fängt der Resonanzton an tiefer zu werden, während der Interferenzton höher wird, und zwar ist diese Dissonanz um so größer, je schneller der Interferenz- mit dem Resonanzton wechselt, je größer also die Umdrehungsgeschwindigkeit der Stimmgabel ist.

Die Resonanz-Interferenz-Pfeife. An dem Schwingungsknoten einer Flötenpfeife ist ein Gummischlauch angebracht; wenn man dessen Länge durch Zusammendrücken an verschiedenen Stellen ändert, so wird der Pfeifenton durch Resonanz-Interferenz höher oder tiefer, erlischt ganz oder läßt nur den

ersten Oberton hören. Ganz besonders interessant ist, daß bei diesem Apparat der Pfeifenton durch die Längenänderung des Gummischlauches fast um einen halben Ton sich ändert.

Hervorragendes Interesse endlich beansprucht noch ein Apparat zur Fühlbarmachung der in der Luft erregten Schallwellen zum Sprachunterricht für Taubstumme, einfach aus einer sehr dünnwandigen Resonanzröhre von Holz bestehend. Bekanntlich müssen die Taubstummen, wenn sie die verschiedenen Mundstellungen gelernt haben, um einen Begriff von den durch lautes Sprechen erzeugten Vibrationen zu bekommen, dem Sprachlehrer die Finger an die Kehle legen, um hier jene Vibrationen zu fühlen; weit einfacher, bequemer und vollkommener sind aber diese Vibrationen zu fühlen, wenn man die Resonanzröhre zwischen den Fingern hält, während in dieselbe hineingesprochen wird.

#### Der Glossograph.

Mit diesem Namen bezeichnet der Ingenieur Amadeo Gentilli einen von ihm erfundenen Apparat, welcher den Zweck hat, die menschliche Sprache mit der Geschwindigkeit des normalen Redeflusses in einer leicht entzifferbaren Zeichenschrift automatisch zu fixieren. Der Apparat wird dabei bloß durch die unbewußten Artikulationsbewegungen des Sprechenden in Bewegung gesetzt und löst seine Aufgabe, ohne daß dabei eine Gedankenarbeit oder eine Vorübung nöthig wäre.

In einem am 29. Januar 1882 im physikalisch-chemischen Institute der Universität Leipzig gehaltenen Vortrage <sup>1)</sup> tritt der Erfinder zunächst dem naheliegenden Einwand entgegen, daß wohl zum Entziffern der durch das Instrument gelieferten Zeichenschrift viel Studium und Uebung nöthig sein dürften, und daß daher eigentlich nichts gewonnen sei, indem die beim Schreiben ersparte Gedankenarbeit gleichwohl zum Lesen nöthig werde. Dem gegenüber wird hervorgehoben, daß das Lesen niemals so viel Studium und Uebung als das Schreiben kostet; auch ist die zu diesen Operationen erforderliche Zeit sehr verschieden, wie schon aus dem Umstande hervorgeht, daß selbst geübte Stenographen nur ungefähr 700 Lautzeichen in der Minute schreiben, während ein geübter Leser schweigend 1200 Buchstaben

1) Der Glossograph. Leipzig 1882.

in der Minute liest. Abgesehen davon ist es aber jedenfalls ein großer Gewinn, den Prozeß des Nachschreibens, bei welchem die Zeit am kostbarsten ist, auf automatischem Wege vollbringen zu können und das Geschäft des Entzifferns, bei welchem die geistige Thätigkeit in Anspruch genommen wird, auf eine Zeit zu verlegen, wo man die nöthige Muße dazu hat. Der schwierigste Theil der Arbeit, bei welchem die Aufmerksamkeit auf das höchste gespannt ist, braucht dann nicht mehr unter dem Hochdruck jener Hast vollzogen zu werden, welche Ursache ist, daß die Stenographen nur kurze Zeit einer Rede zu folgen vermögen.

Am leichtesten wird man natürlich immer seine eigene Handschrift, oder richtiger „Mundschrift“ entziffern; beim Nachschreiben von öffentlichen Reden aber wird es sich aus ästhetischen Gründen verbieten, daß der Redner selbst den Apparat gebraucht, vielmehr wird ein Anderer in seiner Nähe ihm mit dem Apparate leise oder ganz tonlos nachsprechen, was zur Hervorbringung der Schrift vollkommen genügt, da es dabei gar nicht auf die Mitwirkung der Stimme, sondern nur auf eine deutliche Artikulation ankommt, welche auch ohne Stimme ganz gut möglich ist. Der Erfinder glaubt übrigens, daß ein Instrument, mittels dessen man viermal so schnell schreibt, als mit dem gewöhnlichen Schriftsystem (welches etwa 180 Buchstaben in der Minute gestattet), nicht bloß zum Nachschreiben des gesprochenen Wortes verwendet werden wird, sondern daß dasselbe, namentlich wenn es alle die Vervollkommnungen erfahren haben wird, deren es fähig ist, sich auch in der Telegraphie wird verwenden lassen; durch Anwendung dieses Apparates könnte man nämlich eine Depesche wenigstens fünfmal so rasch für die Weitergabe vorbereiten, als man sie in das Morse-Alphabet umsetzt, und die Versendung könnte durch irgend eines der bekannten Systeme für automatische Weitergabe besorgt werden.

Daß die mit Klaviatur versehenen Schreibmaschinen, wie die von Remington (s. dieses Jahrb. XII, S. 83), bei welchen ein Druck auf eine Taste zum Formen eines Buchstabens genügt und bei denen die Tasten in möglichst bequemer Weise gruppiert sind, keine Verbreitung gefunden haben, hat nach Gentilli's Meinung darin seinen Grund, daß es schon einer sehr anhaltenden Übung bedarf, um nur den Grad von Geläufigkeit auf der Maschine zu erlangen, welchen ein gewöhnlicher Schrei-

ber mit der Feder besitzt. Die Zeitersparnis, welche sich daraus ergibt, daß man bloß eine Taste anzuschlagen hat, anstatt den Buchstaben mit der Feder zu bilden, oder daß wie bei der Blinden-Schreibmaschine von Malling-Hansen die Drücker des ganzen Alphabetes in dem Raum der hohlen Hand bequem gruppiert sind, ist nur eine sehr geringe gegenüber der Zeit, welche man braucht, um den Willensimpuls auf die bestimmte Taste zu richten. Selbst die sinnreiche stenographische Druckmaschine von Michela, welche vor einigen Jahren in Italien produciert wurde, und mittels welcher man ganze Silben mit einem Akkord greifen kann, hat keine weitere Verbreitung gefunden. Bei dieser Maschine sind die Tasten nach dem Gesetze des Silbenbaues der betreffenden Sprache gruppiert und jedem Finger nur zwei Tasten zugewiesen, so daß die Hände kaum ihren Ort zu ändern brauchen. Mit zwei bis drei Fingern ist man im Stande, jeden beliebigen Buchstaben zu bilden, da die Tasten selbst nur Zahlen bedeuten, aus deren Kombination erst die Buchstaben entstehen. So trägt z. B. m die Nummer 17 und wird gebildet aus  $2 + 6 + 9$ . Da nun eine Silbe der romanischen Sprachen selten mehr als drei Laute hat, so reichen beide Hände stets hin, eine ganze Silbe auf einmal anzuschlagen. Es ist jedoch begreiflich, daß ein so kompliziertes Schriftsystem eine große Konzentration der Aufmerksamkeit erfordert und daß selbst bei der größten Übung ungefähr gerade so viel Zeit verloren geht, um den Silbenakkord im Geiste vorzubereiten, als man Zeit erspart, indem man die betreffenden Tasten anstatt nach einander gleichzeitig anschlägt.

Diese Wahrnehmungen führten Gentilli zu der Ueberzeugung, daß ein Apparat, welcher die Sprache ohne Zeitverlust wiedergeben soll, automatisch wirken muß; damit war aber der erste Anstoß zu einer neuen Richtung im Gebiete der Fixierung der Sprache gegeben <sup>1)</sup>, und zwar fielen Gentilli's erste Versuche in eine Zeit, wo man weder vom Telephon noch vom Phonographen etwas ahnte. Er ging übrigens bei seinen Studien niemals von einem akustischen Prinzip aus, wie dies

1) Im Jahre 1875 wurden zwar schon von Rosapelly im Marey'schen Laboratorium in Paris Versuche zur Selbstregistrierung der Sprache gemacht; doch beschränkten sich dieselben nur auf die Vibrationen des Kehlkopfes und auf die Lippen- und Nasen-Laute.

bei den zwei genannten großen Erfindungen der Fall ist, indem es ihm sehr bald klar wurde, daß die Entzifferung der auf akustischem Wege registrierten Töne und Geräusche unserer Sprache zu schwierig sein würde, wenn es überhaupt jemals gelingen sollte, stimmlose Reibungsgeräusche, wie es ja die meisten unserer Konsonanten sind, deutlich zu fixieren. Für das Ohr ist dies allerdings durch das Telephon mittlerweile geschehen, aber für das Auge ist das Problem wenigstens noch nicht in einer irgend wie praktisch verwerthbaren Form gelöst; denn die vom Phonographen erzeugte Schrift ist, abgesehen davon, daß viele Laute überhaupt gar nicht erscheinen, auch darum nicht lesbar, weil die hinterlassenen Spuren von so mikroskopischer Kleinheit und die Wellenbilder der Konsonanten so schwer zu bestimmen sind, daß von der Interpretation einer solchen Schrift vorläufig keine Rede sein kann, selbst wenn man dieselbe 100 fach vergrößert.

Da der akustische Weg von vornherein ausgeschlossen war, so nahm sich Gentilli vor, die Artikulationsbewegungen der Sprachwerkzeuge auf einen Registrierapparat zu übertragen. Hierzu war aber vor allem nöthig, die für die einzelnen Laute charakteristischen Artikulationsbewegungen zu studieren, sodann dieselben durch einen Mechanismus wiederzugeben, welcher möglichst einfach, kompendiös und leicht beweglich sein mußte, da er der Zunge keinen merklichen Widerstand bieten und die Artikulation nicht beeinträchtigen durfte; endlich mußte ein Mittel gefunden werden, mit diesen schwachen Bewegungen irgendwie sichtbare und bleibende Zeichen hervorzubringen.

Was die Artikulationsbewegungen betrifft, so mußte sich das Augenmerk hauptsächlich auf diejenigen richten, welche in der Mittelebene des Mundes vor sich gehen, und es mußte nicht nur die Lokalität derselben d. h. das Gebiet der Artikulation, sondern innerhalb desselben auch der höhere oder geringere Grad des Luftverschlusses, auf welchem die meisten Laute beruhen, bestimmt werden. Dazu wurde anfangs ein künstlicher Gaumen aus Guttapercha benutzt, der an den Hauptartikulationsstellen kleine Metallfederchen trug; diese Federchen gaben mit anderen Metallblättchen elektrische Kontakte, wobei durch eine entsprechende Isolierung dafür gesorgt war, daß der Strom nicht in die Zunge überspringe. Die Federchen sowohl als die Blätt-

den waren durch feine Drähte zwischen den Zähnen aus dem Munde herausgeleitet und setzten eine Batterie mit einem Schreibapparat nach Art des Morse-Telegraphen in Verbindung, wobei jedes Artikulationsgebiet seinen besondern Elektromagneten regierte. Die Bewegungen der Zunge, des weichen Gaumens, der Lippen und die größere oder geringere Veränderung der Lage, wie sie der größern oder geringern Enge des jeweiligen Luftkanals entsprach, sollten auf diese Weise fixiert werden, und zwar hatte Gentilli die elektrische Art der Uebertragung darum gewählt, weil die mit den üblichen Schriftsystemen verbundene Reibung zu groß schien, als daß man der Zunge die mechanische Ueberwindung derselben zumuthen könnte. Die Anwendung von Rußschreibern, die freilich sehr wenig Reibung verursachen, war durch den Umstand ausgeschlossen, daß die Berührung beim Einführen des Papiers in die Walzen abgegangen wäre.

Bei dem fortwährenden Zutritt von Feuchtigkeit hörten aber die Kontaktflächen im Munde, selbst bei Anwendung von Gold oder Platin, gar bald auf, den elektrischen Strom zu leiten. Deshalb verlegte Gentilli mittels Hebelübersezungen, welche ihren Drehungspunkt zwischen den Zähnen hatten, die Kontaktstellen außerhalb des Mundes, ohne aber wegen der Nothwendigkeit einer sehr sorgfältigen Ausführung der komplizierten elektrischen Leitung rechten Erfolg zu haben.

Er verließ daher vorläufig auch diesen Weg und suchte die Artikulationsbewegungen auf einen mit dem Sprechapparat fest verbundenen Schreibapparat durch mechanische Mittel direkt zu übertragen, um vor allem eine graphische Darstellung der Sprache zu erhalten, an welcher man sämtliche Bedingungen für die Lösung des Problems bequem studieren und auf Grund deren man an die definitive Konstruktion des Apparats in praktischer Form gehen konnte. Nach zahlreichen Versuchen gelang auch die direkte mechanische Uebertragung bezüglich aller Laute; nur die Nasenlaute, die sich nur durch den Hauch kennzeichnen, welcher dabei der Nase entströmt, können bloß auf elektrischem Wege übertragen werden; allein in diesem Falle ist die elektrische Transmission sehr leicht, da hierzu ein einziger Kontakt genügt.

Zum bessern Verständnis der Einrichtung des Apparates schießt Gentilli erst einige Bemerkungen über das Lautsystem der deutschen Sprache voraus. Die übliche Eintheilung der Laute



in Selbstlaute (Vokale) und Mitlaute (Konsonanten) erzeugt leicht die unrichtige Vorstellung, als ob nur bei den Vokalen die Stimme ertönte und als ob die Mitlaute alle stimmlos wären, was sie nicht sind; stimmlos sind bloß die Verschlußlaute b, p, g, k, d, t und die Engelaute ch, sch, f, ss, stimmhaft sind aber außer den Vokalen auch noch l, m, n, r, w und weiches s. Unter Verschlußlauten versteht man das explosiv hervorbrechende Geräusch der Luft, welches beim Wiederöffnen eines Verschlusses zwischen der Zunge und dem Gaumen, oder zwischen den Lippen entsteht; während Engelaute oder kontinuierliche Laute diejenigen sind, bei welchen die Luft durch einen engen Kanal, der zwischen Zunge und Gaumen oder zwischen den Lippen gebildet wird, mit oder ohne Begleitung der Stimme ausströmt und dabei je nach dem Grade der Oeffnung, der Richtung des Luftstromes und den Hindernissen, an welchen er sich dabei bricht, die verschiedenen zischenden, pfeisenden, säuselnden und schnarrenden Geräusche hervorbringt, die wir sh, s, f, r, ch &c. nennen. Nach dem Orte, wo der Verschluß oder die Enge gebildet wird, theilt man die Laute auch noch in gutturale, palatale, alveolare, marginale, dentale, labiodentale, labiale und nasale ein. Bei einigen halbwilden Völkerstämmen giebt es außerdem noch Schnalzaute und unsymmetrische also einseitig artikulirte Laute.

Wenn wir aber von allen feinen Nuancierungen abssehen, welche die verschiedenen Sprachen und Mundarten mit sich bringen und die, bei allem Interesse für den Sprachforscher, für die Schrift nur einen überflüssigen Ballast bilden, den man in der neuern Orthographie mehr und mehr abzustreifen bemüht ist, so reduziert sich das Alphabet bedeutend. Wenn wir nämlich b und p, g und k, d und t bloß als verschiedene Intensitätsgrade ein und desselben Lautes auffassen, wie es auch wirklich der Fall ist, wenn wir x, c, z und q in ihre Bestandtheile ks, ts und kw zerlegen, wogegen wir ch und sch als einfache Laute gelten lassen (und sogar zweierlei ch unterscheiden müssen), und wenn wir berücksichtigen, daß zwischen f und v eigentlich gar kein phonetischer, sondern nur ein konventioneller orthographischer Unterschied besteht, der natürlich von dem automatisch wirkenden Instrument nicht wieder gegeben wird und daß selbst w nur eine tönende Modifikation von v ist, so reduzieren sich die elementaren Laute auf ch, r, g — sch, l, s, t — e, i, a, o, u —

f, b — n, m und einen Aspirationslaut h, der aber eigentlich gar kein Laut, sondern nur ein intensiver, unartikulierter stimmloser Luftstrom ist.

Die Laute sind hier so geordnet, daß die zu dem gleichen Artikulationsgebiete gehörigen in der nämlichen Gruppe stehen und sich nur durch den mehr oder minder vollkommenen Verschluß unterscheiden. So werden z. B. ch, r, g durch den Zungenrücken; sch, l, s, t durch die Zungenspitze gebildet, wobei jedoch die Lage für s, t eine mehr vorgeschobene ist als für sh, und l. Die Laute f, b werden durch die Lippen, dagegen n und m durch die Nase gebildet.

Die Vokale e, i, o, u entstehen durch Verengung, beziehentlich Verlängerung der ganzen Mundhöhle und sind bei e und i die ganze Zunge, bei o und u bloß der Zungenrücken gehoben und die Lippen einander genähert; bei a sind Mundhöhle und Lippen am weitesten geöffnet; l unterscheidet sich von t noch dadurch, daß bei t auch der seitliche Verschluß ein vollkommener ist, während bei l die Luft zwischen den Rändern der Zunge und den Backenzähnen einen Ausweg findet. Doch hat Gentilli von diesem Merkmal in dem Apparat keinen Gebrauch gemacht, da es ihm vorläufig genügte, nur dasjenige wiederzugeben, was in der Mittelebene des Mundes vorgeht. n und m unterscheiden sich von allen anderen Lauten dadurch, daß der weiche Gaumen bei ihnen gesenkt ist, sodaß die Luft, anstatt beim Munde, bei der Nase austreten muß, während bei allen anderen Lauten der weiche Gaumen gehoben ist. Auch sind bei m zugleich die Lippen wie für b geschlossen und die Zunge ist in Ruhe, während bei n die Zunge dieselbe Lage einnimmt wie für t.

Zwischen ch und g, sch und l, s und t, e und i, o und u, f und b herrschen bloß Gradunterschiede des Verschlusses, und zwar ist bei den erstgenannten Lauten jeder Gruppe der Verschluß ein unvollkommenerer, als bei den zweitgenannten; r hat fast denselben Grad der Verengung wie ch, unterscheidet sich aber von ch durch das Mitvibrieren des Zäpfchens des Zungenrückens und oft auch der Zungenspitze.

Die Artikulationsbewegungen lassen sich nun im wesentlichen auf folgende zurückführen. Heben des Zungenrückens bei ch, r, g, o, u; Heben der Zungenspitze bei sch, l; Heben der ganzen Zunge bei e, i; Vorschieben der Zungenspitze bei s, t;

Heben der Unterlippe bei o, u, f, b; Senken der Unterlippe bei a; Senken der Oberlippe bei f, b; Ausströmen des Hauches durch die Nase mittels Senkung des Gaumensegels bei n, m. Diese charakteristischen Bewegungen sind in dem Instrument,

welches Gentilli in Leipzig vorzeigte, durch Doppelhebel von der Innenseite des Mundes nach außen übertragen und mit Schreibstiften in Verbindung gebracht, und zwar in der Weise (vgl. Fig. 9), daß bei ch, r, g bloß der Hebel IV, bei e, i, die Hebel IV und V gleichzeitig, bei s, h, l bloß Hebel VI, bei s, t Hebel V und VI gleichzeitig, bei a, o, u Hebel III und IV, bei f, b Hebel II und III in Aktion treten und daher an dem betreffenden Schreibstifte kleinere oder größere Abweichungen von der Ruhelage hervorbringen. In der Ruhe ziehen nun die Stifte auf einem ablaufenden

Fig. 10.

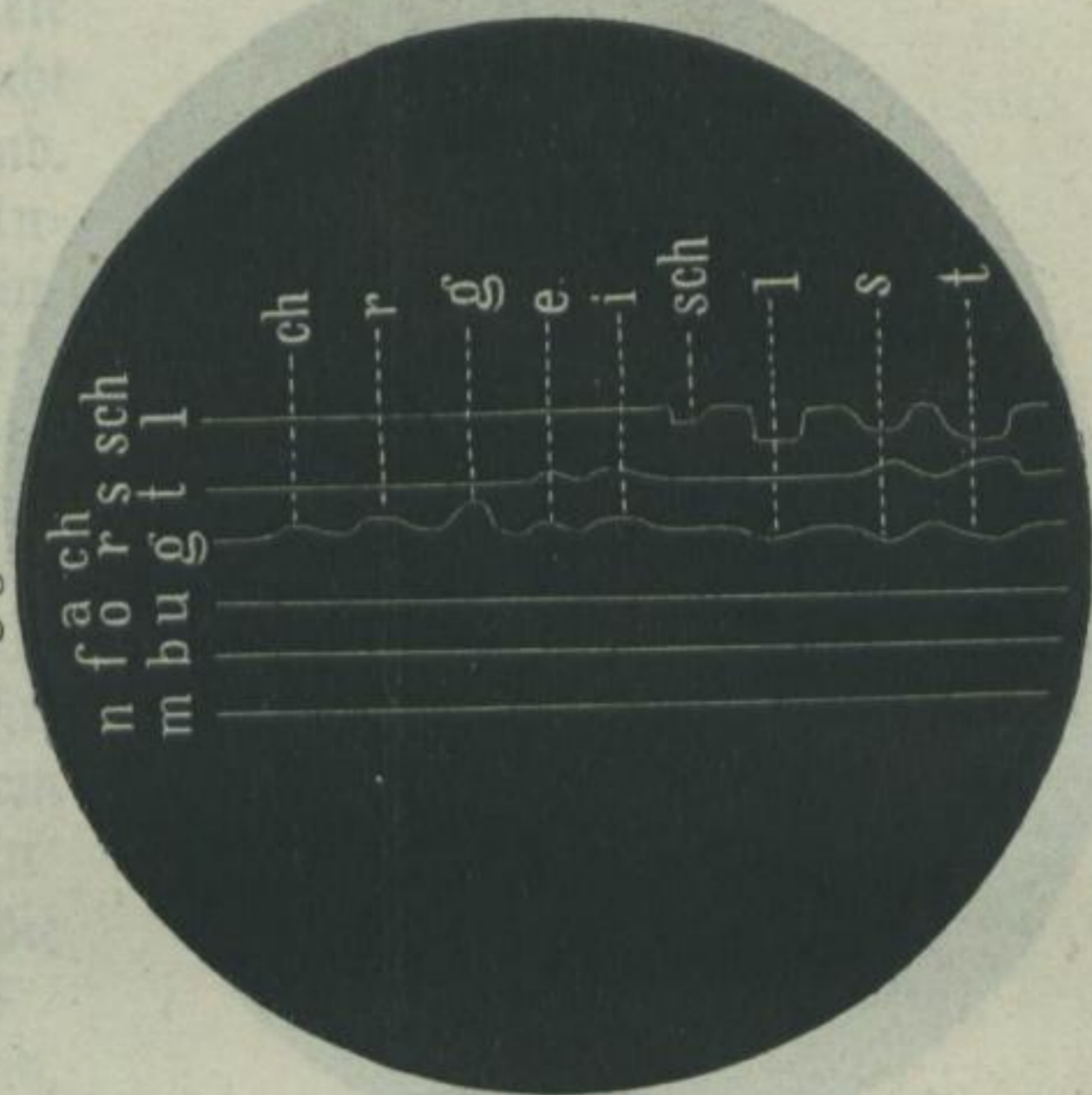
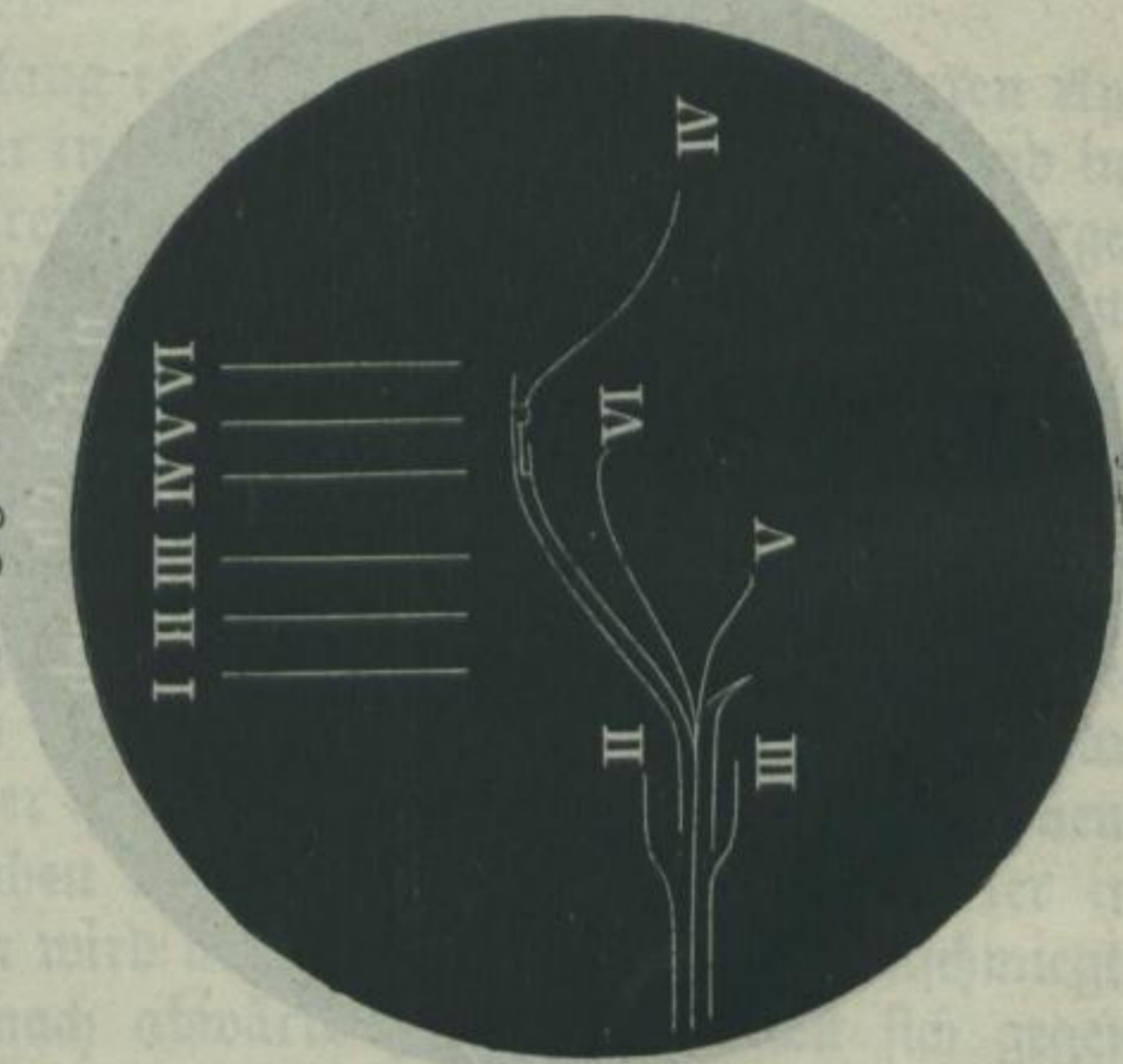


Fig. 9.



Papierstreifen parallele gerade Linien; bei ihrer Bewegung aber entstehen Wellenlinien, aus deren Breite, Form und Länge man den Grad des Verschlusses und die Verschmel-

zung mit anderen Lauten desselben Artikulationsgebietes entnehmen kann.

Die Nasenlaute werden mit Hilfe zarter Flügelchen dargestellt, welche, durch den Hauch bewegt, Kontakte geben und hierdurch einen

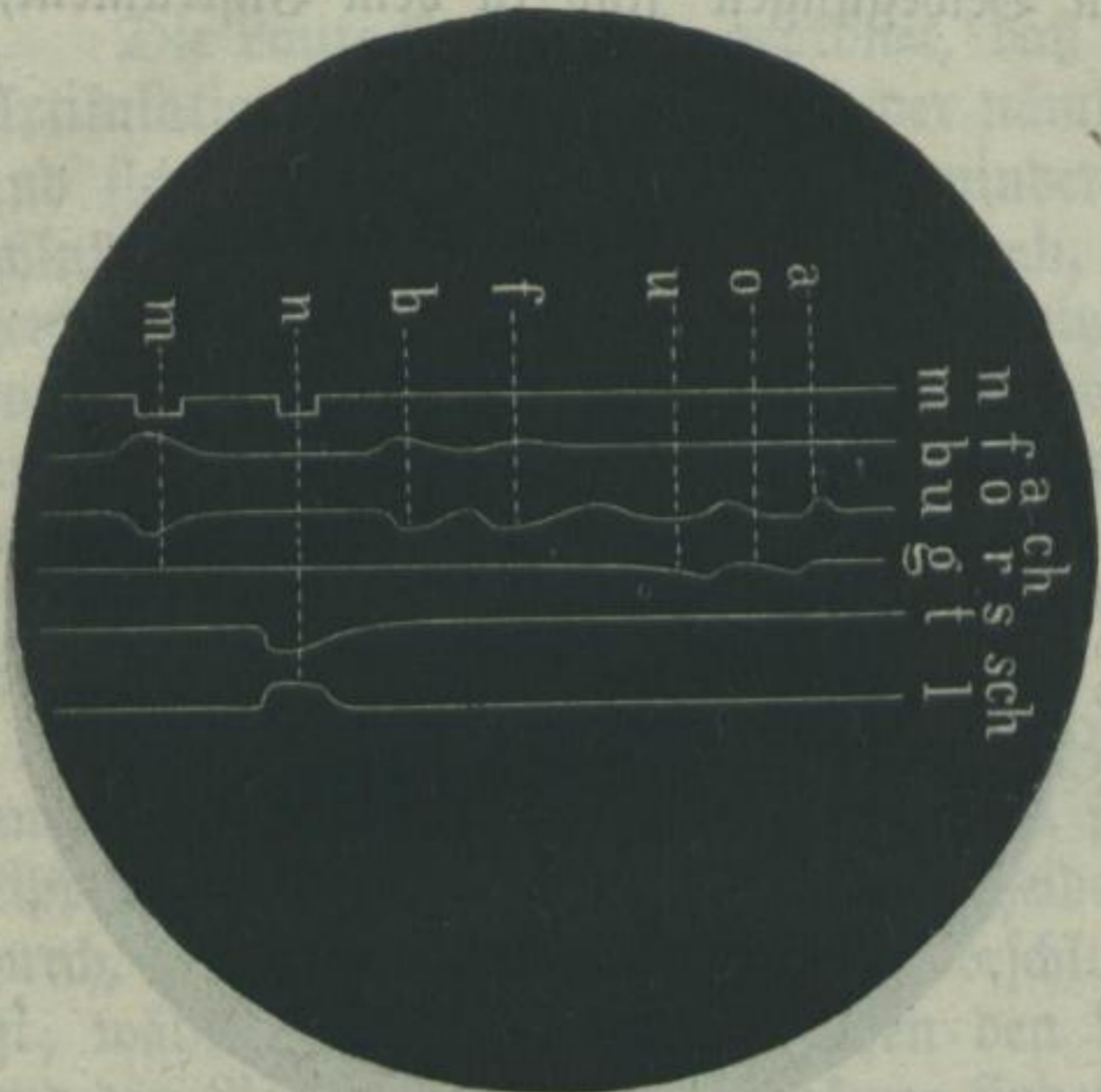


Fig. 11.

schwachen elektrischen Strom schließen, der einen Elektromagnet anregt und damit den Schreibhebel I in Bewegung setzt.

Diese Laute erscheinen daher auf Zeile I, jedoch ohne Verschiedenheit des Ausschlages, und sie unterscheiden sich nur dadurch, daß n von dem Zeichen für t, m dagegen von dem Zeichen für b begleitet wird; nur der im

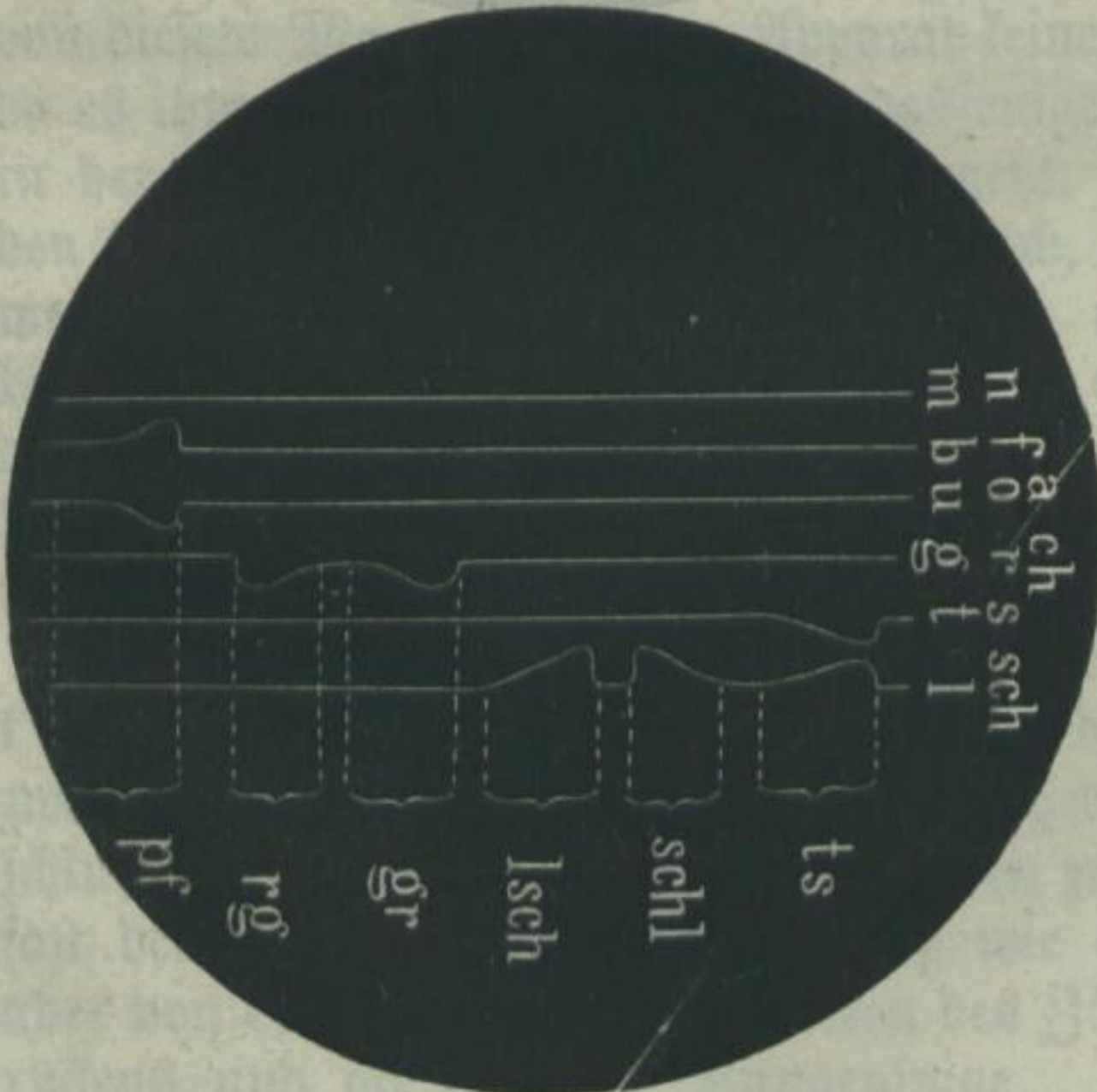


Fig. 12.

Französischen häufig vorkommende reine Nasenlaut erscheint ohne alle Begleitung.

Die Schemata Fig. 10, 11, 12, welche den vom Apparate beschriebenen Zeichen genau

nachgebildet sind, stellen diese Schriftzeichen dar und können zum Entziffern der Sprachdiagramme dienen.

In Fig. 13 ist das Sprachdiagramm für das Wort „Schmerz“

abgebildet, welches sich durch Häufung der Konsonanten auszeichnet.

Der Apparat, mit welchem Gentilli im physikalisch-chemischen Institute in Leipzig experimentierte, und der in Fig. 14

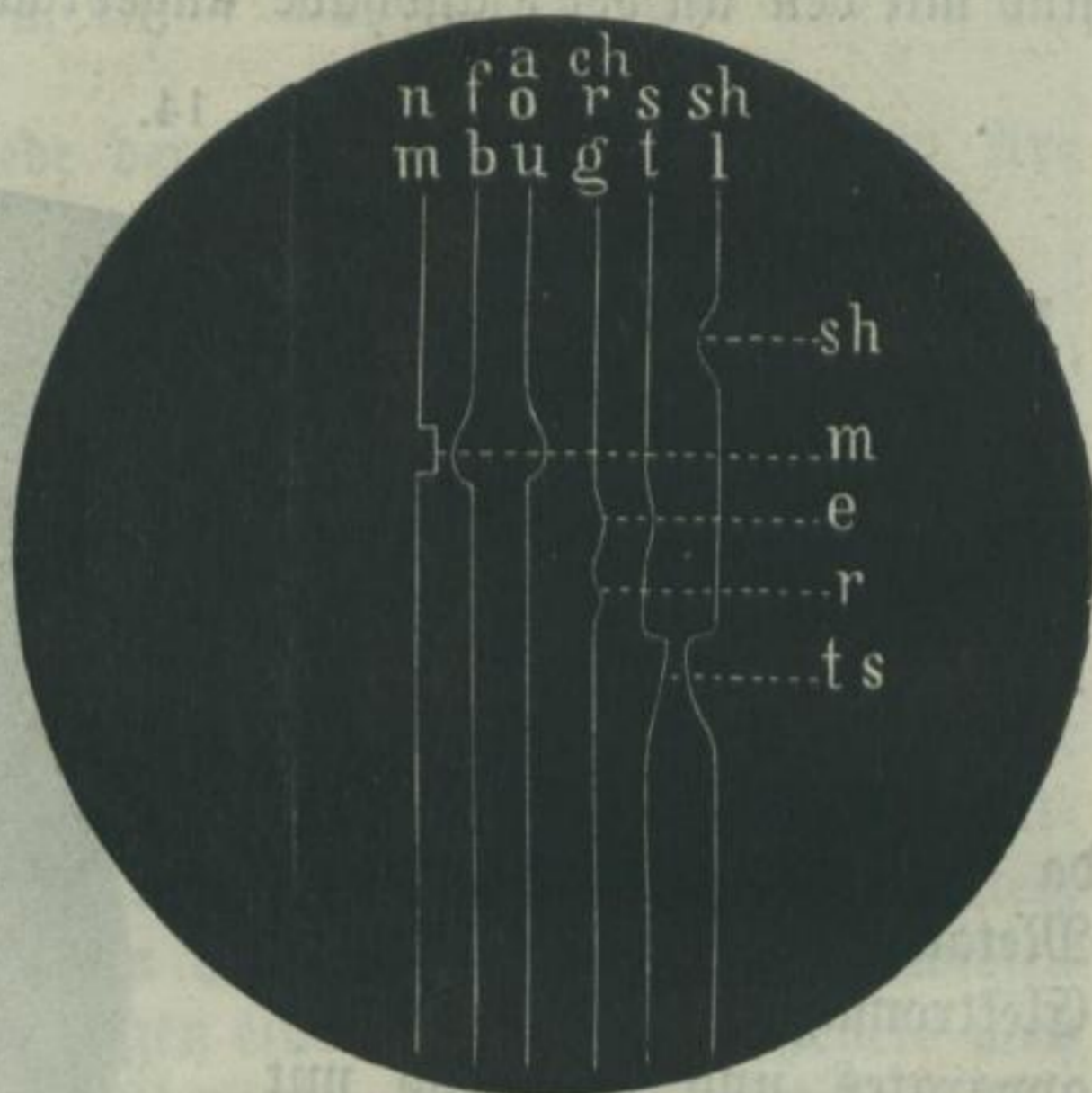
Fig. 13.

dargestellt ist, arbeitete allerdings noch nicht ganz zufriedenstellend. Doch rührten die Unsicherheiten und Mängel in den Bildern einzelner Laute nicht von einer Unrichtigkeit des Principes, sondern von Mängeln der Ausführung her. So mußte namentlich bei diesem

zu Demonstrationen benutzten Apparate die Fortbewegung des Streifens mit der Hand, statt durch ein Uhrwerk

erfolgen. Später gelang es Gentilli, einen vollkommeneren Apparat herzustellen, der in der Physiologischen Gesellschaft und im Elektrotechnischen Verein in Berlin mit großem Erfolg vorgeführt wurde. Derselbe besteht aus zwei von einander getrennten Theilen, einem Sprechapparat, der in den Mund genommen wird, und einem Schreibapparat, der auf dem Tische steht und mit dem Sprechapparat, sowie mit einer kleinen galvanischen Batterie leitend verbunden ist.

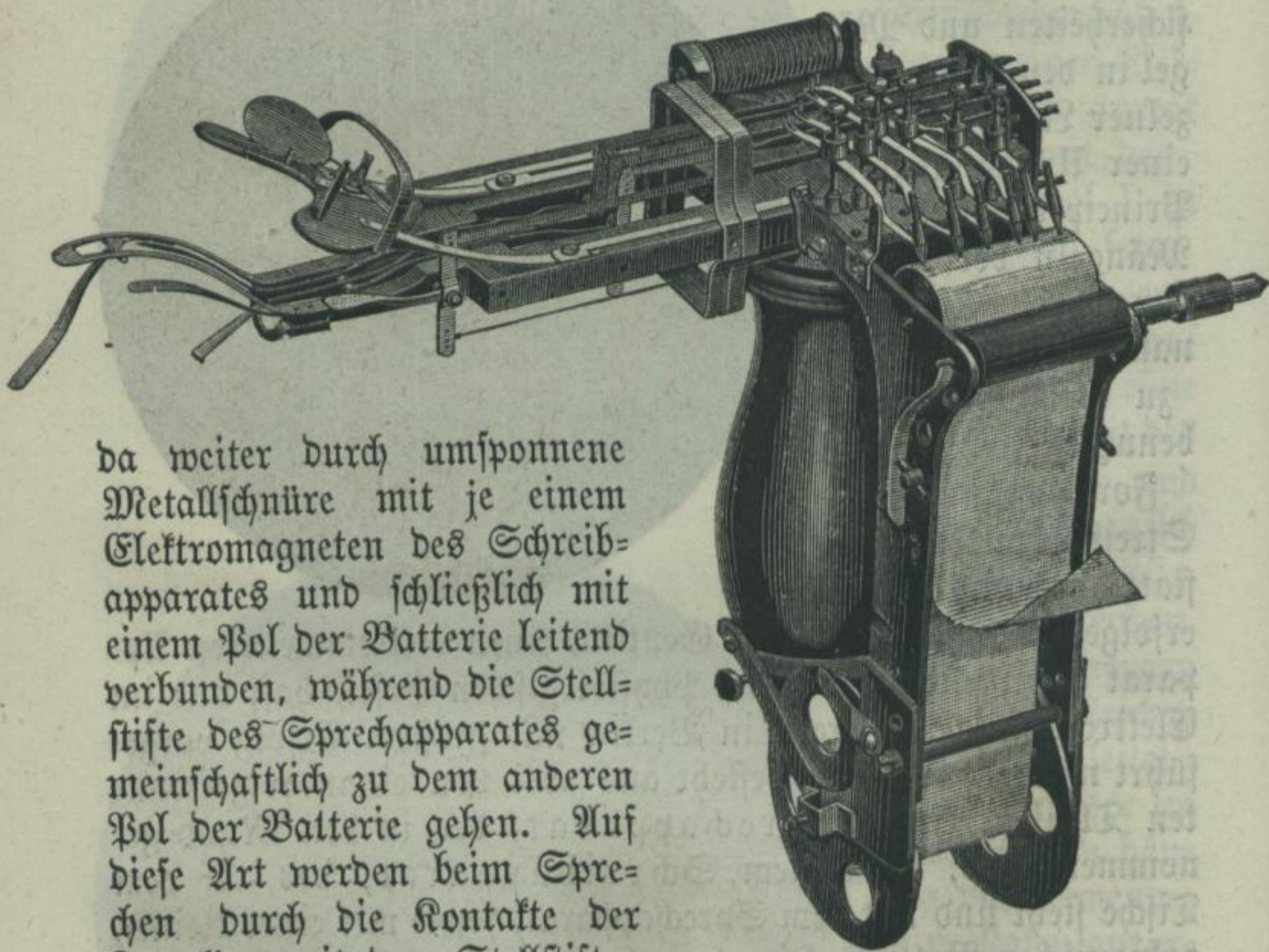
Der Sprechapparat besteht gleich dem älteren im wesentlichen aus einem festen Rahmen aus Hartgummi, der an einem Ende mit einer Handhabe, am anderen aber mit einem gekrümmten metallischen Ansatz versehen ist, welcher letzterer in den Mund genommen wird und sich an den Gaumen anschmiegt, wobei ein kleiner, nach abwärts gerichteter Haken sich gegen die innere Wand der unteren Zähne stemmt, so daß das Ganze eine feste Lage im Munde erhält. Ferner besitzt der Apparat eine Reihe zweiarmiger Hebel, von denen ein Ende beim Sprechen von der Zunge oder den Lippen gehoben wird, während



das andere auf eine federnde Lamelle wirkt, die sich zwischen metallischen in ein Rähmchen geschraubten Doppelstiften bewegt und bald mit dem oberen bald mit dem unteren Kontakt giebt.

Die festen Enden der federnden Lamellen, welche auch dazu dienen, die Hebel stets wieder in die Ruhelage zurückzuführen, sind mit den an der Handhabe angebrachten Klemmen und von

Fig. 14.



da weiter durch umspinnene Metallschnüre mit je einem Elektromagneten des Schreibapparates und schließlich mit einem Pol der Batterie leitend verbunden, während die Stellstifte des Sprechapparates gemeinschaftlich zu dem anderen Pol der Batterie gehen. Auf diese Art werden beim Sprechen durch die Kontakte der Lamellen mit den Stellstiften elektrische Ströme geschlossen, welche die Anker der Elektromagnete anziehen und auf einem Papierstreifen Zeichen hervorbringen.

Die Hebel wirken auf die Lamellen mittels isolierter Gelenke, so daß der Mund vor dem Ueberspringen des galvanischen Stromes geschützt ist. Die Lippenhebel und Nasenflügel sind mit den oben beschriebenen identisch; etwas abweichend ist dagegen das System der Zungenhebel, indem zur besseren Uebersichtlichkeit der Schrift die Kombination verschiedener Zeichen zu einem Laute vermieden wurde. Zu diesem Zwecke sind vier,

durch ihre Länge und Stellung verschiedene Zungenhebel angebracht worden (Fig. 15), von welchen

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| bei ch, r, g | I allein          |
| = ei         | I und II          |
| = sh, l      | I, II und III     |
| = s, t       | I, II, III und IV |

gehoben werden.

Die Gradunterschiede der Laute eines und desselben Artikulationsgebietes drücken sich

dadurch aus, daß beim ersten Grad der Ruhestromkontakt mit dem einen Stift un-

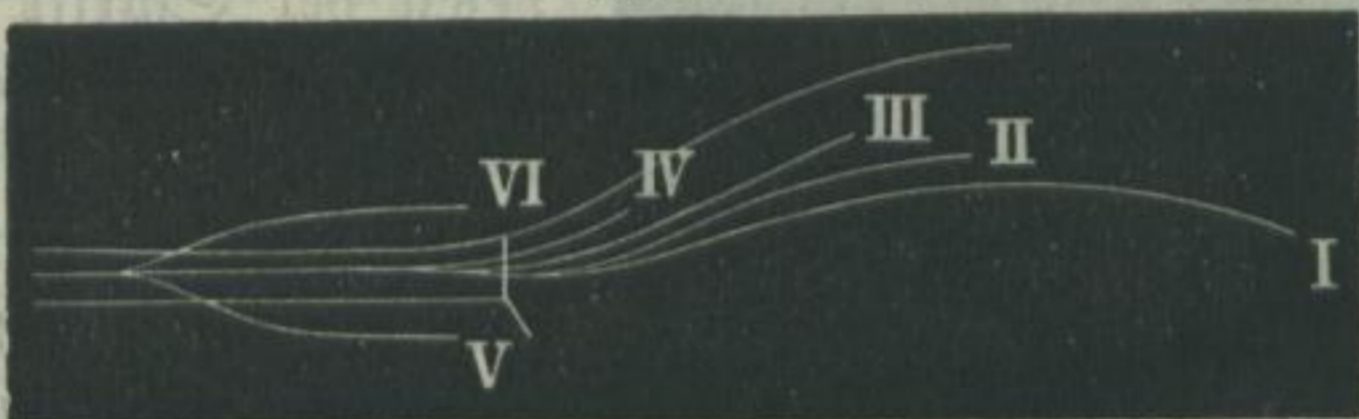


Fig. 15.

terbrochen, beim zweiten Grad ein Arbeitsstromkontakt mit dem anderen Stift geschlossen wird. In dem ersten Falle entsteht daher ein einfaches Schriftzeichen, im zweiten ein doppeltes.

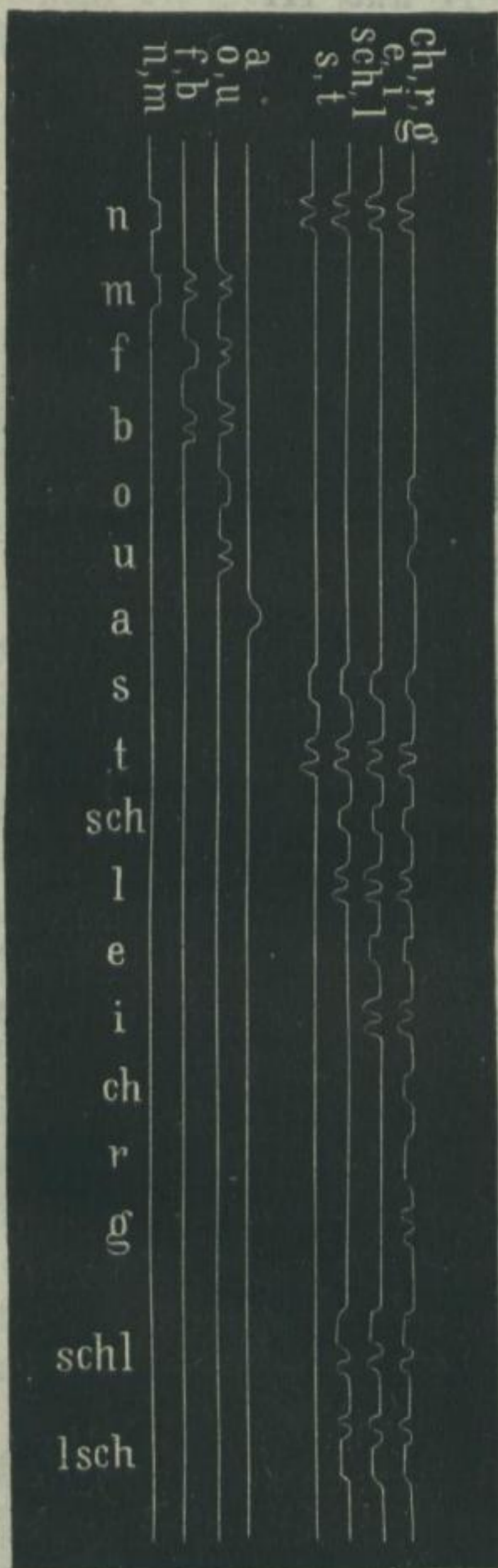
Der Laut a, welcher in dem ursprünglichen kompendiösen Instrumente durch Bewegungen eines und desselben Hebels nach zweifacher Richtung dargestellt wurde, ist in dem definitiven Apparate durch einen besondern Magnet und daher auch durch eine besondere Schriftzeile ausgedrückt worden; ferner unterscheidet sich r von ch nur durch die Länge des Zeichens, und die Aspiration kann durch den neuen Apparat nicht ausgedrückt werden.

Das Alphabet gestaltet sich demnach wie in Fig. 16. Es ist ersichtlich, daß mit Ausnahme von ch, r und g alle Zeichen eines Artikulationsgebietes stets noch von einem oder mehreren Zeichen der anderen Artikulationsgebiete begleitet werden. Diese unvermeidlichen Begleiterscheinungen sind zwar zur Charakteristik der betreffenden Laute keineswegs nothwendig; sie stören aber auch beim Lesen nicht, weil die Zeilen so angeordnet sind, daß die links stehende vor der rechts stehenden jedesmal den Vorrang hat, d. h. daß dasjenige Zeichen eine Geltung besitzt, welches man, von links nach rechts fortschreitend, zuerst gewahr wird.

Der Schreibapparat besteht aus acht winzig kleinen Elektromagneten, durch deren Ankerhebel eben so viele Kastrierfederchen dirigiert werden, sowie aus einem Uhrwerk, welches

einen 30 mm breiten Papierstreifen unter den Federchen vorbeizieht. Kombinationen von Lauten eines und desselben Artikulationsgebietes markieren sich analog wie das Beispiel von

Fig. 16.



schl und lsch in Fig. 16 zeigt. Selbst Tenuēs und Mediae lassen sich unterscheiden, indem die stimmlosen Konsonanten in der Regel eine kürzere Dauer haben, als die stimmhaften. Ein wichtiger Behelf beim Lesen der Schrift im Deutschen ist die Regel, daß, wenn sich zwei oder mehr Konsonanten am Anfange einer Silbe kombinieren, der stimmlose stets den ersten, am Ende einer Silbe dagegen stets den letzten Platz einnimmt. Stimmhafte und stimmhafte, sowie explosive und explosive Konsonanten kombinieren sich untereinander bloß am Ende einer Silbe; stimmlose kontinuierliche Konsonanten dagegen kombinieren sich untereinander gar nicht.

### Stöße und Stoßtöne.

Allen Musikern ist die Erscheinung bekannt, daß wenn zwei Töne gleichzeitig erklingen, deren Schwingungszahlen nahezu, aber nicht ganz gleich sind, das Ohr abwechselnd Verstärkungen und Schwächungen des Tones hört, die man je nach ihrer Stärke Stöße oder Schwebungen nennt. Die Anzahl dieser Stöße oder Anschwellungen des Tones in der Sekunde ist gleich der Differenz der Schwingungszahlen der beiden

Töne. Bekannt ist auch die Anwendung, welche Scheibler von den Stößen gemacht hat zum reinen Stimmen zweier Töne, sowie zur Bestimmung ihrer absoluten Schwingungszahlen.



Früher war es zweifelhaft, ob die Stöße nur subjektiv seien, d. h. erst im Ohr durch das Zusammentreffen der einzelnen Impulse entstehen, oder objektiv, so daß an der Stelle des Zusammentreffens eine stärkere Bewegung der Lufttheilchen vorhanden ist. Indessen ist schon seit einem Vierteljahrhundert die objektive Natur dieser Erscheinung zur Anschauung gebracht worden in einem von dem Orgelbauer F. Lange in Berlin konstruierten Apparate. Derselbe brachte nämlich in den Fuß einer Zungenpfeife mit gläserner Wand zwei Rohrwerke und setzte auf jedes eine Pfeife, so daß er zwei Zungenpfeifen erhielt, welche durch denselben Luftstrom angeblasen wurden. Beide Pfeifen waren fast gleich gestimmt, so daß die Stöße sich sehr langsam folgten. Betrachtet man nun in diesem Apparate die Zungen, so bemerkt man, daß die Schwingungen derselben bei jedem Stoße merklich größer sind als sonst.

In einer größeren Arbeit „Ueber den Zusammenklang zweier Töne“<sup>1)</sup>, über welche im XIII. Jahrg. dieses Jahrbuchs, S. 70, ausführlich berichtet worden ist, gelangt der berühmte Akustiker Dr. Rudolph Koenig zu einer andern Ansicht bezüglich der Stöße. Er glaubt nämlich, daß Stöße nicht nur dann entstehen, wenn zwei Töne erklingen, die nahezu im Einklang sind, in welchem Falle die Zahl der Stöße gleich dem Unterschied der Schwingungszahlen der beiden Töne ist; sondern daß ebenso Stöße auftreten, wenn die beiden Töne nahezu ein harmonisches Intervall bilden. Koenig stellte seine Versuche mit Stimmgabeln an. Er nahm z. B. zwei Gabeln, deren jede den Ton C = 64 Schwingungen gab, von denen aber die eine durch verschiebbare Laufgewichte allmählich höher gestimmt werden konnte. Sobald nun der Ton dieser zweiten Gabel etwas erhöht wird, nimmt man Stöße wahr, die mit Erhöhung der Stimmung immer schneller erfolgen, aber bis 12 oder 14 in der Sekunde (entsprechend 76 bis 78 Schwingungen) noch einzeln hörbar sind. Bei weiterer Erhöhung der Stimmung nimmt man ein Rollen wahr, das in der Nähe der Quarte (85 Schwingungen, 21 Stöße) immer schneller wird, ohne indessen seinen einfachen Charakter zu verlieren. Weiter hinaus entsteht ein sehr lautes, aber verworrenes Rasseln, das erst bei der Sexte

1) Poggend. Ann. Bd. 157 (1876), S. 177.

(106 bis 108 Schwingungen) wieder in ein schnelles, aber einfaches Rollen übergeht, welches immer langsamer wird, bis man wieder die einzelnen Stöße zählen kann; bei 118 und 116 Schwingungen zählt man deren 10 und 12, bei  $H = 120$  Schwingungen 8 in der Sekunde, bei  $e = 128$  Schwingungen verschwinden dieselben. Koenig unterscheidet in Folge davon untere Stöße, hervorgebracht durch das Zusammenfliegen des Grundtones von  $n$  Schwingungen mit dem um ein Weniges höheren Tone von  $n'$  Schwingungen, für deren Zahl  $m$  die Gleichung gilt

$$m = n' - n,$$

und obere Stöße, die dann eintreten, wenn  $n'$  nahezu  $2n$  ist, und deren Anzahl  $m'$  durch die Formel

$$m' = 2n - n'$$

gegeben ist. Geht man mit dem oberen Tone noch höher hinauf über  $2n = 128$  Schwingungen, so stellen sich wieder untere Stöße ein, welche bei 138 bis 140 Schwingungen die Zahl 10 bis 12 erreichen und dann in einfaches Rollen übergehen, welches sich bei etwa 148 Schwingungen in verworrenes Rasseln verwandelt. Dieses wird schnell schwächer und erscheint zwischen  $e$  und  $f$  (166 bis 168 Schwingungen) nur noch als eine gewisse Rauigkeit des Tones, die bei 334 Schwingungen wieder in ein deutliches schnelles Rollen übergeht, das sich bei weiterer Erhöhung des Tones verlangsamt, bis wieder obere Stöße erscheinen (bei 180 bis 182 Schwingungen 12 bis 10 Stöße, bei 186, 188, 190 Schwingungen 6, 4, 2 Stöße).

Es entstehen nach Koenig überhaupt obere Stöße, wenn  $n'$  ein wenig unterhalb  $2n$ , oder unter  $3n$ ,  $4n$  zc. ist, dagegen obere Stöße, wenn  $n'$  ein wenig oberhalb  $n$ , oder oberhalb  $2n$ ,  $3n$ ,  $4n$  zc. ist.

Helmholtz hat indessen der Ansicht Koenigs, daß diese Stöße sich aus der Zusammensetzung der Schwingungen beider Töne ableiten lassen, nicht beige stimmt, vielmehr diese Stöße wieder auf Stöße zweier Unisonotöne zurückzuführen versucht, nämlich auf Stöße des höheren Tones mit den harmonischen Obertönen des Grundtones, deren Schwingungszahlen  $2n$ ,  $3n$  zc. sind. Diese Obertöne können bei Koenig's Experimenten, die mit starken Stimmgabeln angestellt wurden, welche vor Resonanzröhren tönten, einen doppelten Ursprung gehabt haben; sie können nämlich entweder schon im Klang der angewandten

Töne enthalten gewesen, oder durch die große Intensität derselben im Ohr erzeugt worden sein. In der That konnte Helmholtz bei einer C-Gabel (64 Schwingungen) mit passenden Resonatoren die Obertöne bis zum fünften hören, wenn die Gabel stark angeschlagen war; die Zinken der Gabel machten dann Schwingungen, deren Amplitude 1 cm betrug. Bei so großer Breite der Schwingungen eines scharfkantigen Körpers, wie es die Gabelzinken sind, müssen aber in der Luft Wirbelbewegungen entstehen, die erheblich vom Gesetz der einfachen Schwingungen abweichen und die deshalb in ähnlicher Weise die Obertöne hervorrufen, wie es die schwingenden Zungen thun.

Diesen Bemerkungen Helmholtz's gegenüber hat Koenig geltend gemacht <sup>1)</sup>, daß die von ihm benutzten Gabeln mit Resonatoren gar keine Obertöne erkennen lassen. Das Hervortreten derselben bei Stimmgabeln hänge nämlich nicht sowohl von ihrer Tiefe und der absoluten Größe ihrer Schwingungsamplitude ab, als vielmehr von dem Verhältnis der Schwingungsweite zur Dicke der Zinken. Man kann z. B. an einer Stimmgabel, welche c angiebt und deren Zinken 7 mm Dicke haben, wenn sie in sehr starke Schwingungen versetzt worden ist, die Obertöne mit Hilfe von Resonatoren bis zum vierten hören, während bei einer E-Gabel mit Zinken von 15 mm Dicke und 20 mm Breite nur die beiden ersten vernehmbar sind und nur bei ganz gewaltsamem Anschlag eine kaum bemerkbare Wirkung auf den Resonator des dritten Obertones eintritt. Endlich bei einer C-Gabel von 29 mm Dicke und 40 mm Breite der Zinken läßt sich nur eine schwache Oktave hören, und die Duodecime kommt erst zur Wahrnehmung, wenn man die Oeffnung des Resonators so nahe an die Breitfläche einer Zinke bringt, daß sie dieselbe fast berührt. Uebrigens lassen sich alle diese Töne nur ganz in der Nähe der Gabeln mit dem Resonator wahrnehmen.

Im Allgemeinen ist nach Koenigs Beobachtungen der Klang einer Stimmgabel um so freier von Obertönen, je größer für denselben Ton die Dicke ihrer Zinken ist. Mit Vergrößerung der Dicke wird das Verhältnis zwischen dieser und der Schwingungsweite immer größer. Die Schwingungsweite von Stimm-

1) Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. XII, S. 335.

gabeln von verschiedener Stärke für denselben Ton bleibt nämlich in sehr weiten Grenzen fast unveränderlich gleich, was daher rührt, daß die Schwingungszahl der Stimmgabeln in direktem Verhältniß zur Dicke ihrer Zinken, aber im umgekehrten zu den Quadraten der Länge steht. Will man daher für den Ton einer gegebenen Gabel eine zweite von doppelter Länge konstruieren, so muß man den Zinken derselben die vierfache Dicke geben, und durch die so erlangte geringere Biegsamkeit blüßt die Gabel wieder soviel von ihrer Fähigkeit, weite Schwingungen zu machen, ein, als sie durch die größere Länge der Zinken gewonnen hatte. Nun gehörten die früher von Koenig benutzten tiefen Stimmgabeln keineswegs zu den dünnarmigen, sondern ihre Verhältnisse waren derart, daß sie schon für sich, wenn sie allein vibrierten, sehr einfache Töne gaben. Koenig wandte sie aber in Verbindung mit passenden Resonanzröhren an, und unter solchen Umständen kann man z. B. bei der C-Gabel mit 29 mm dicken Zinken mit dem Resonator auch nicht die geringste Spur der Oktave oder eines höhern Obertones in der aus der Oeffnung der Resonanzröhre zwischen den Armen der Stimmgabel hervorbrechenden Tonmasse erkennen.

Koenig sucht aber auch ferner nachzuweisen, „daß die Erregung der harmonischen Obertöne eines starken einfachen Tones im Ohre bei der Bildung der Stöße harmonischer Intervalle, sowohl wegen der Intensität, als auch wegen der Tonalität, welche diese hören lassen, nur eine ganz untergeordnete Nebenrolle spielen könne.“ Helmholtz hat darauf hingewiesen, daß der unsymmetrische Bau des Trommelfelles und die lose Beschaffenheit des Hammer-Ambosgelenkes die Bildung von Obertönen im Ohr begünstigen; und da sich außerdem im Ohr eine Reihe von Gebilden befindet, das Corti'sche Organ, welche durch die ganze Skala, von tiefsten bis zum höchsten Tone, in äußerst kleinen Abständen von einander abgestimmt sind, so liegt der Gedanke nahe, daß diese Gebilde, gleich andern mittönenden Körpern, die auf die harmonische Oberreihe eines einfachen Tones stimmen, von diesen erregt werden können. Es kann sich daher nur um die Intensität dieser Obertöne handeln. Nun weist Koenig darauf hin, daß die Stöße dann am deutlichsten hervortreten, wenn die Unisonotöne, welche sie erzeugen, gleich stark sind. Es müßten daher auch die Obertöne des Grundtones, wenn wirk-

lich sie es wären, welche mit dem zweiten, höhern Tone die Stöße erzeugen, so stark auftreten, daß man sie deutlich hören könnte, was durchaus nicht der Fall ist.

Koenig macht ferner darauf aufmerksam, daß zum bloßen Nachweis der Stöße keineswegs so starke Töne nothwendig sind, wie er bei seinen Versuchen angewandt hat. Die Benutzung so kräftiger Töne ist nur in der Absicht erfolgt, „um alle beim Zusammenklänge zweier Töne auftretenden Erscheinungen selbst für die ungelübtesten Ohren mit größter Deutlichkeit zur Darstellung zu bringen und sie auch für eine größere Anzahl Personen zugleich hörbar zu machen“. Koenig hat aber auch Beobachtungen über die Stöße harmonischer Intervalle bei sehr schwachen, einfachen Tönen mit Benutzung von gedackten Orgelpfeifen angestellt, die sich für Versuche, bei denen sowohl eine große Intensität als auch zahlreiche Obertöne zu vermeiden sind, besonders gut eignen, weil ihre Töne sich sehr den einfachen nähern und die Intensität der Theiltöne, welche allein den ungeraden Zahlen der harmonischen Oberreihe entsprechen, meistens nur sehr gering ist und nach der Höhe zu schnell ganz verschwindet. Da indessen außer den Theiltönen, welche die Pfeife einzeln hervorbringen kann und deren Schwingungszahl ungerade Vielfache von der des Grundtones sind, immerhin auch andere Obertöne existieren können, so hat Koenig die Töne der Pfeifen in dieser Hinsicht besonders geprüft.

Eine gedackte Pfeife C, welche 0,07 m Breite, 0,088 m Tiefe und etwa 1,15 m Länge hatte, wurde mit nur ungefähr 0,03 m Wasserdruck angeblasen, weil sonst der erste Theilton (g) den Grundton übertönte. Außer diesem Theiltone, der ganz laut, auch ohne Resonator hörbar war, konnte mit dem Resonator nur noch der nächste (e<sup>1</sup>) wahrgenommen werden. Von den geraden Tönen der Oberreihe, c, c<sup>1</sup>, g<sup>1</sup> u. war nichts zu bemerken. Während nun die Pfeife angeblasen wurde, näherte Koenig eine Stimmgabel, welche nahezu einen harmonischen Oberton des C gab, dem Ohr mehr oder weniger, bis die Stöße am kräftigsten wurden. Es gelang ihm auf diese Weise, die Stöße bei allen harmonischen Intervallen, sowohl den geraden als den ungeraden bis zum 14. (etwas unterhalb b<sup>1</sup>, Scheibler's i<sup>1</sup>) wahrzunehmen, obgleich bei der Pfeife die geraden harmonischen Obertöne gänzlich fehlten.

Läßt man zwei musikalische Töne von ungleicher Höhe, deren Intervall nicht zu klein ist, gleichzeitig tönen, so treten in der Regel keine Schwebungen oder Stöße auf, sondern man hört einen neuen Ton, den sogenannten *Kombinationston*, dessen Schwingungszahl dem Unterschied der Schwingungszahlen der beiden sie bildenden Töne gleich ist. Sind letztere Töne nicht einfach, sondern von Obertönen begleitet, so liefern auch diese untereinander und mit den Grundtönen *Kombinationstöne*. Helmholtz nennt diese schon 1740 von Sorge beobachteten und später von Tartini genauer studierten Töne *Differenztöne* im Gegensatz zu einer andern, von ihm entdeckten Klasse von *Kombinationstönen*, deren Schwingungszahl gleich der Summe der Schwingungszahlen der ursprünglichen Töne ist und die er deshalb *Summationstöne* nennt.

Früher glaubte man, daß die *Kombinationstöne* (*Differenztöne*) entstehen, wenn die Stöße so rasch auf einander folgen, daß man sie nicht mehr einzeln unterscheiden kann, eine Ansicht, die schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts aufgestellt worden ist. Dieser älteren Theorie; welche über die Entstehung der *Summationstöne* keine Rechenschaft zu geben vermag, steht eine neuere, von Helmholtz schon vor längerer Zeit entwickelte <sup>1)</sup> gegenüber. Dieselbe geht von dem theoretischen Prinzip aus, daß die Kraft, welche das oscillierende Körpertheilchen gegen seine Gleichgewichtslage hin treibt, nicht mehr einfach der Ablenkung proportional ist, sondern daß zu dem ersten, der Ablenkung proportionalen Gliede dieser Kraft noch ein zweites hinzutritt, welches dem Quadrate der Ablenkung proportional ist. Er macht dabei die Voraussetzung, daß die Ablenkungen ziemlich groß sind, so daß die sonst übliche Vernachlässigung des zweiten Gliedes nicht statthast erscheint. Diese Theorie, mathematisch durchgeführt, erklärt sowohl die *Differenz-* als die *Summationstöne*. Nach dieser Helmholtz'schen Theorie sind *Stöße* und *Kombinationstöne* ganz verschiedene Dinge; die letzteren entstehen durch das Zusammenwirken zweier merklich verschiedenen Töne, welche wir als solche getrennt hören, während *Stöße* oder *Schwebungen* nur dann entstehen, wenn die beiden Töne nahezu im Einklang sind, so daß sie dieselbe Faser des Corti's-

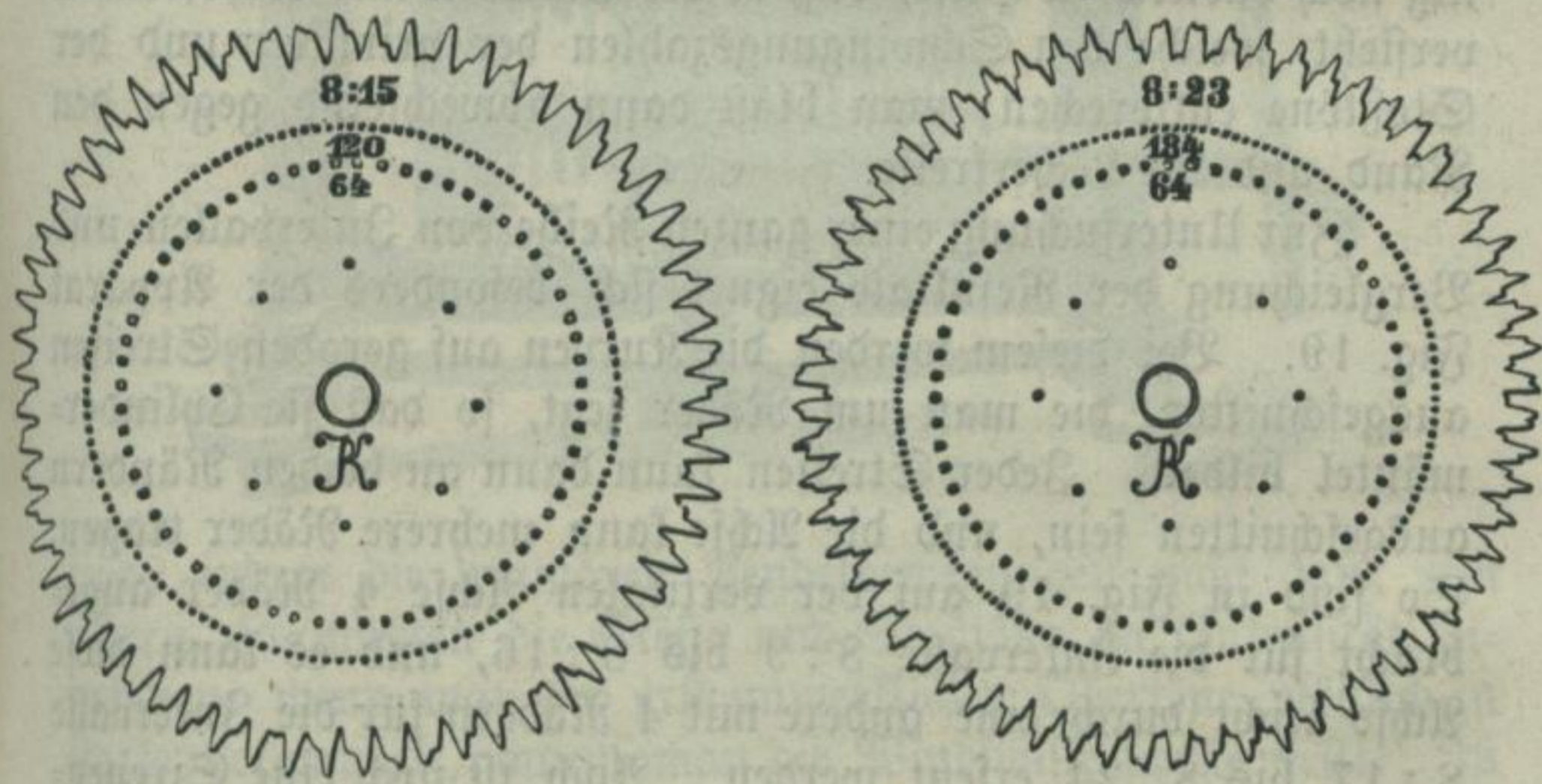
1) Poggend. Ann. Bd. 99, S. 532.

schen Organes erregen; wir hören dann nur einen einzigen Ton, diesen aber abwechselnd stärker und schwächer.

Koenig hält dagegen an der alten Theorie fest, daß die Kombinationstöne, die er Stoßtöne nennt, durch rasch auf einander folgende Stöße entstehen, und um diese Entstehungsweise deutlich zu demonstrieren, hat er ein neues Instrument, die Wellensirene, angegeben. Es ist dies eine Vorrichtung, bei welcher ein Windstrom durch eine schmale Spalte gegen eine ausgeschnittene Wellenlinie von beliebiger Form gerichtet wird, in der Weise wie man bei der gewöhnlichen Sirene meist runde Löcher durch runde Windöffnungen anbläst. Diese Wellenlinie kann entweder auf dem Mantel eines Cylinders, der um seine Achse rotiert, ausgeschnitten sein, wie in dem Apparate Fig. 19 (S. 133), oder den Rand einer Scheibe bilden wie Fig. 17 und 18 zeigen. Im ersten Falle muß die Windspalte parallel zur Achse des Cylinders, im zweiten radial angeordnet sein.

Fig. 17.

Fig. 18.



Um dieses Prinzip bei Untersuchungen über Stöße und Stoßtöne anzuwenden, konstruierte Koenig, für jedes zu untersuchende Intervall sorgfältig und in großem Maßstabe die aus der Vereinigung der Sinuslinien beider Töne entstehende Kurve, welche dann, wenn man sie als Scheibenrand anwenden will, auf einen Kreis übertragen, photographisch auf die erforderliche Größe reduciert und am Rand einer Metallscheibe genau ausgeschnitten wird. Rotiert nun eine solche Scheibe mit ihrem Rande

vor einer radial ausgeschnittenen Spalte, deren Länge mindestens der größten Höhe der Kurven gleich ist, so wird diese Spalte nach dem Gesetz der Kurve periodisch verlängert und verkürzt, und bläst man Wind durch dieselbe, so wird dadurch eine dem gleichen Gesetz entsprechende Bewegung der Luft erzeugt, welche derjenigen gleich ist, die beim Zusammenklang zweier wirklich einfachen Töne, ohne Beimischung von Obertönen, hervorgerufen wird. In der That ließen nun, wie Koenig berichtet, die Scheiben für die verschiedenen Intervalle beim langsamen Drehen die Stöße, ganz wie bei den Stimmgabelversuchen hören, während bei schnellem Drehen Stoßtöne beobachtet wurden. Es brachte so die Sekunde 8 : 9 den untern Stoßton 1, die Septime 8 : 15, sowie die gestörte Duodecime 8 : 23 den obern Stoßton 1 laut und deutlich hervor, und ebenso ließen die Verhältnisse 8 : 11 und 8 : 13 das gleichzeitige Auftreten des obern und untern Stoßtones 3 und 5, 5 und 3 deutlich wahrnehmen.

Der genauen Bestimmung der gehörten Töne kommt Koenig noch dadurch zu Hilfe, daß er die Scheiben mit Löcherkreisen versieht, welche den Schwingungszahlen der primären und der Stoßtöne entsprechen; man bläst dann abwechselnd gegen den Rand und die Löcherkreise.

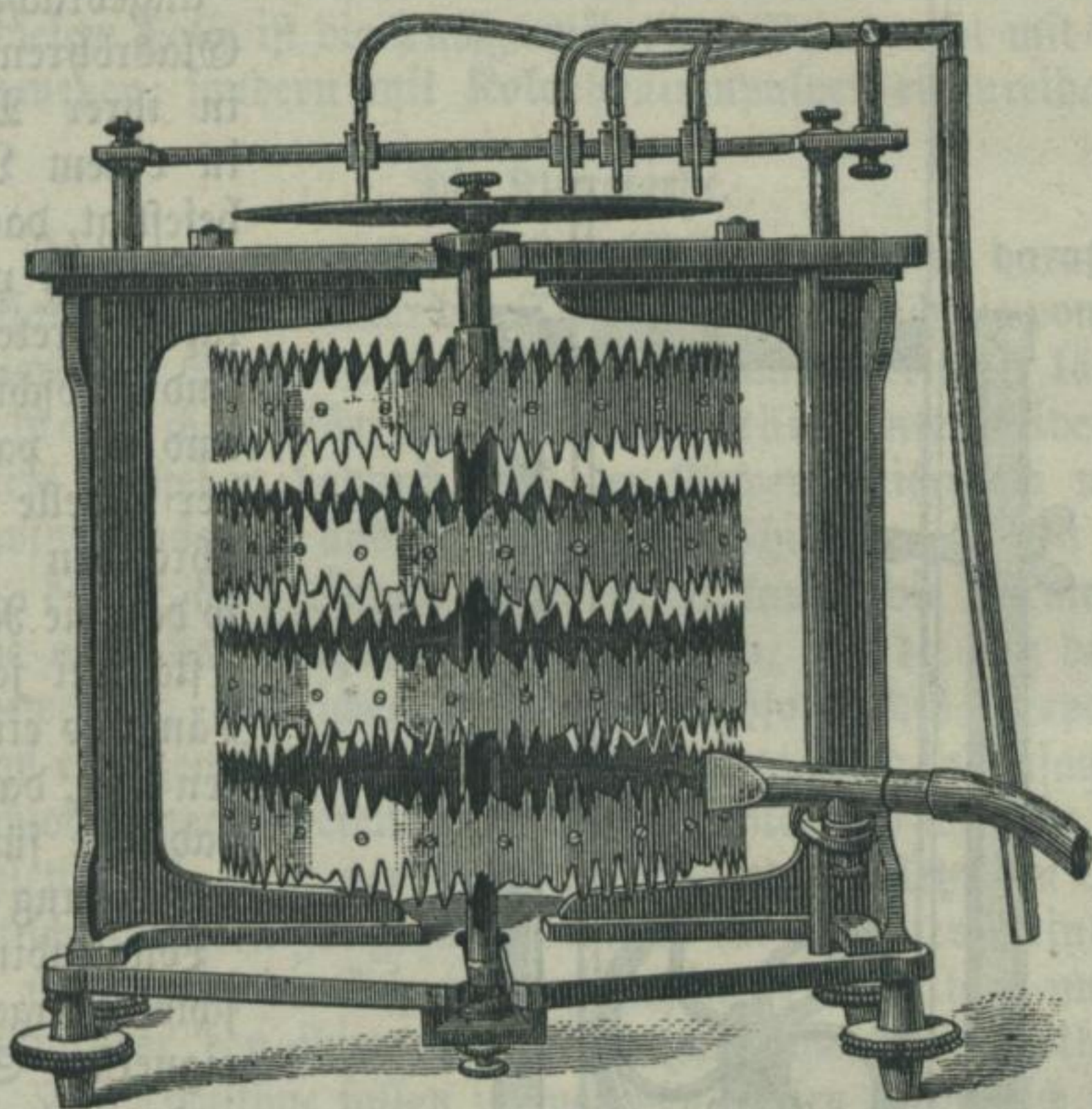
Zur Untersuchung einer ganzen Reihe von Intervallen und Vergleichung der Resultate eignet sich besonders der Apparat Fig. 19. Bei diesem werden die Kurven auf geraden Streifen ausgeschnitten, die man um Räder legt, so daß sie Cylindermäntel bilden. Jeder Streifen kann dann an beiden Rändern ausgeschnitten sein, und die Achse kann mehrere Räder tragen. So sind in Fig. 19 auf der vertikalen Achse 4 Räder angebracht für die Intervalle 8 : 9 bis 8 : 16, und es kann diese Achse leicht durch eine andere mit 4 Rädern für die Intervalle 8 : 17 bis 8 : 24 ersetzt werden. Auch ist noch eine Sirenen-scheibe mit Löcherkreisen, den Schwingungszahlen der primären Töne entsprechend, oben auf die Achse gesetzt und eine Anordnung getroffen, die es ermöglicht, mehrere Löcherkreise gleichzeitig anzubläsen.

Koenig macht endlich noch darauf aufmerksam, daß wenn man eine einfache Sinuskurve, die beim Anblasen durch eine normale Spalte einen schwachen, sehr sanften einfachen Ton giebt, durch eine schräge Spalte anbläst, ein Klang mit starken



harmonischen Tönen entsteht. Durch schräge Stellung der Windspalte wird man daher auch den Zusammenklang zweier einfachen Töne auf der Wellensirene verwandeln können in den Zusammenklang zweier Klänge mit starken Obertönen. Wären nun Obertöne bei Erzeugung der obern Stöße und Stoßtöne bethei-

Fig. 19.

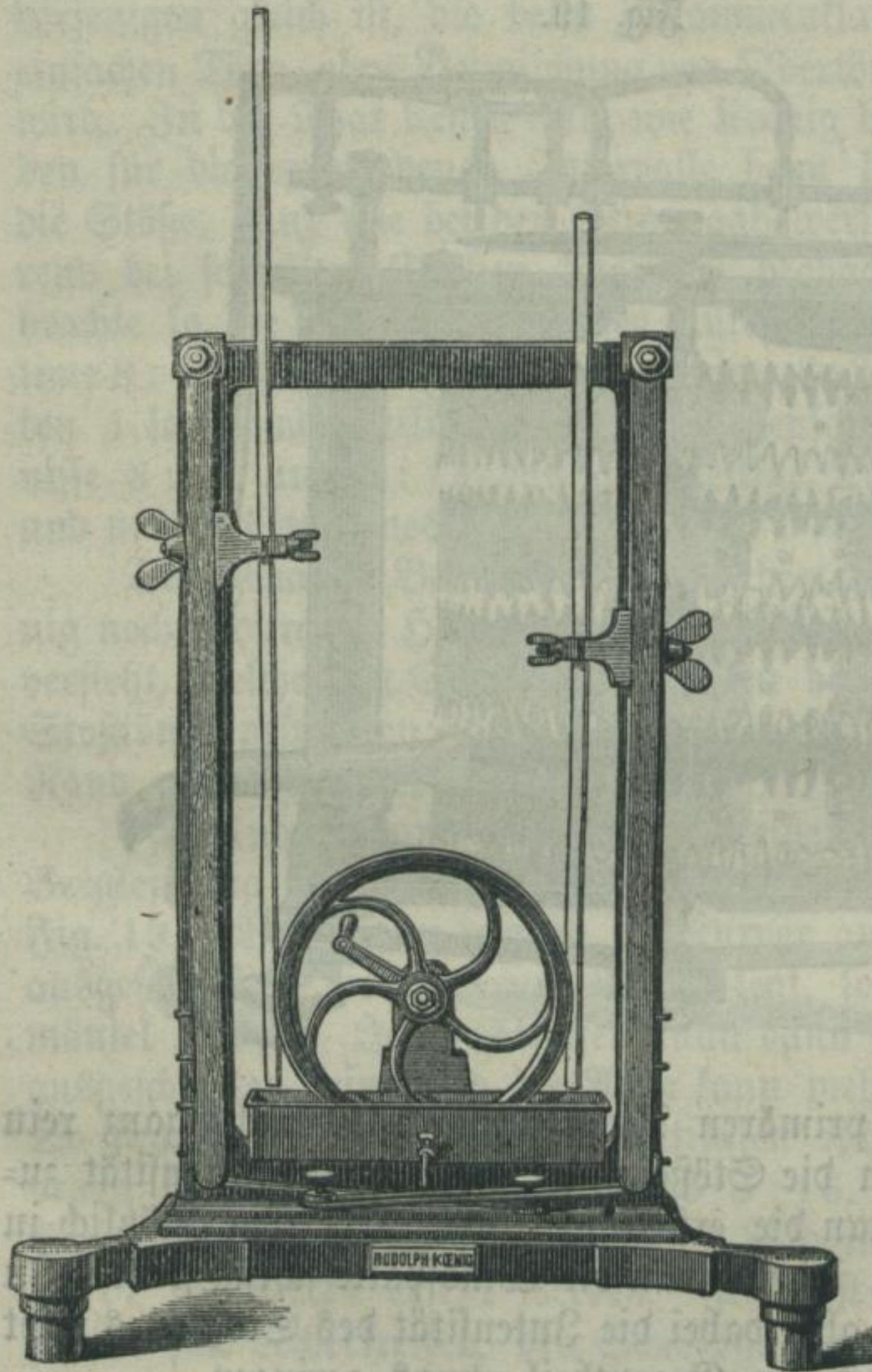


ligt, indem die primären Pendelbewegungen nicht ganz rein wären, so müßten die Stöße und Stoßtöne an Intensität zunehmen, wenn man die erst unmerklichen Obertöne plötzlich in starke verwandelt, indem man die Windspalte schräg stellt. In Wirklichkeit wird aber dabei die Intensität des Stoßtones nicht vergrößert, sie wird im Gegentheil etwas geringer.

**Stoßtöneapparat.** Koenig hat auch einen einfachen Apparat angegeben, welcher vorzüglich zur Hervorbringung der Stoßtöne bei Vorlesungsversuchen geeignet ist. Als primäre Töne werden die Töne benutzt, welche durch Longitudinalschwingungen von Glasröhren erzeugt werden. Letztere werden erregt durch ein mittels einer Kurbel um eine horizontale Achse

drehbares Rad (vgl. Fig. 20), dessen Umfang mit mehreren Lagen dicken Tuchs bedeckt ist, welches beim Experimentieren feucht erhalten wird, zu welchem Zwecke der unterste Theil des Rades in einen kleinen Trog mit Wasser taucht. Jede der bei-

Fig. 20.



den, links und rechts vom Rade angebrachten Glasröhren ist in ihrer Mitte in einem Lager befestigt, das sich an einem vertikalen Brete auf und abschieben und an passender Stelle festschrauben läßt, so daß die Röhre sich bei jeder Länge so einstellen läßt, daß gerade die für die Erregung der Longitudinalschwingungen geeignetste Stelle in der Nähe ihres Endes das Rad berührt. Die beiden Breter, auf denen die Lager der Glasröhren befestigt sind,

können an ihren oberen Enden um Achsen gedreht und unten durch Kautschukbänder gegen das Rad angedrückt werden. Dreht man dann mit der Kurbel das Rad, so ertönen Longitudinaltöne der beiden Röhren und zugleich der Stoßton so laut, daß sie auch in größerer Ferne gut gehört werden können.

Jede Glasröhre ist in der Mitte, wo man sie in das Lager

einspannt, mit einem Papierstreifen umklebt, auf welcher ihr Ton angegeben ist. Das Wechseln der Röhren, wenn man zu einen andern Intervall übergehen will, erfordert nur einige Sekunden Zeit.

Statt der Glasröhren, mit welchen Koenig allerdings die besten Resultate, namentlich immer reine und klare Töne erhielt, kann man auch Röhren oder Stäbe von Metall benutzen. In diesem Falle ist die Tuchgarnitur des Rades nicht mit Wasser zu benetzen, sondern mit Kolophonimpulver einzureiben.

### Die Klangfarbe.

In einer neuern Arbeit <sup>1)</sup> macht Dr. Koenig darauf aufmerksam, daß man unter den Tönen, in welche sich die von einem vibrierenden Körper ausgehende Klangmasse zerlegen läßt, die harmonischen Töne und die Theiltöne unterscheiden muß. Letztere entstehen dadurch, daß der Körper gleichzeitig mehrere Schwingungsarten ausführt, welche verschiedenen Tönen zukommen, die er auch einzeln hervorrufen kann; die harmonischen Töne aber haben ihren Ursprung darin, daß die von der Pendelbewegung abweichende Schwingungsform des Körpers bei einem einzigen Schwingungsmodus zerlegt wird in einfache Pendelschwingungen, deren Schwingungszahlen sich wie die ganzen Zahlen 1, 2, 3 *rc.* verhalten. Während die letzteren die harmonischen Schwingungszahlen immer in absoluter Reinheit geben, nähern sich die Schwingungszahlen der Theiltöne nur mehr oder minder den ihnen theoretisch zukommenden Werthen.

Die Theiltöne fallen in manchen Fällen theoretisch mit den harmonischen Tönen zusammen, so namentlich bei den Orgelpfeifen; mögen aber letztere offen oder gedeckt sein, immer weichen diese Töne beträchtlich von den harmonischen Schwingungszahlen ab, und zwar tritt mit der Zunahme der Ordnungszahl eine progressiv zunehmende Erhöhung über die Töne der harmonischen Reihe ein. Schon Wertheim bemerkte, daß bei Bestimmung des Grundtones einer Pfeife aus einem ihrer Obertöne eine um so größere Schwingungszahl für den ersteren erhalten wird, einen je höhern Oberton man benutzt, und Koenig selbst fand bei einer offenen Pfeife von 2,33 m Länge und 0,12 m

1) „Bemerkungen über die Klangfarbe“ von Dr. Rud. Koenig in den Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. XIV, S. 369.

Breite und Tiefe den achten Theilton fast um eine Sekunde höher als den achten harmonischen, also beinahe zusammenfallend mit dem neunten harmonischen Tone.

Auch bei den Saiten fallen die Theiltöne theoretisch mit den harmonischen Tönen zusammen, und bei langen dünnen Metallsaiten ist dies auch thatsächlich nahezu der Fall. Anders ist es bei den Darmsaiten der musikalischen Instrumente; hier sind die Unregelmäßigkeiten in der Form und Dichtigkeit so bedeutend, daß zwischen den Tönen der beiden Hälften einer Violine saite nicht selten Unterschiede von einem halben bis einem ganzen Tone auftreten.

Unharmonische Theiltöne treten bei Stimmgabeln und Platten auf, bei denen dieselben weder mit dem Grundtone noch unter einander in einem ganz festen Verhältnis stehen; denn die Theiltöne gleicher Ordnung bei zwei Stimmgabeln mit gleichem Grundton lassen immer mehr oder weniger schnelle Stöße hören, und wenn man bei zwei Platten für eine gewisse Klangfigur die Töne genau in Unisono gestimmt hat, so findet man bei andern Klangfiguren keinen reinen Einklang mehr.

Eine wichtige Frage, bezüglich welcher Koenig in seiner Wellensirene ein wichtiges Hilfsmittel der experimentellen Prüfung gefunden hat, ist die nach dem Einfluß der Phasendifferenz der harmonischen Töne auf die Klangfarbe. Sind in einer Klangmasse mehrere harmonische Töne vorhanden, so ist jedenfalls die Form der Schwingungen je nach dem Phasenunterschied dieser Töne verschieden. Früher nahm man nun an, daß bei veränderter Schwingungsform auch die Klangfarbe eine andere werde; Helmholtz hat aber aus seinen Untersuchungen den Schluß gezogen, daß dieselbe Klangfarbe sehr verschiedenen Formen entsprechen kann, wenn nur diese Formen, in einfache pendelartige Schwingungen zerlegt, die gleichen Töne in gleicher Stärke geben, gleichgültig welches ihr Phasenunterschied ist.

Koenig hält diesen Satz für nicht zutreffend und hat deshalb durch Zusammensetzung einer Anzahl einfacher Sinusoiden von verschiedener Länge, entsprechend dem Grundton (Länge der Sinusoide = 0,84 m) und seinen verschiedenen harmonischen Tönen bei verschiedenen Phasendifferenzen, Kurven konstruiert, diese photographisch verkleinert und dann am Rande von Messing-

streifen ausgeschnitten, welche auf der Wellensirene Fig. 19 untersucht wurden.

In den Figuren 21 bis 23 sind auf jeder Linie in verjüngtem Maßstabe vier Wellenkurven angegeben, wie sie aus der Komposition derselben harmonischen Sinuskurven entstehen, wenn dieselben mit ihren Anfangspunkten, einem Viertel, der Hälfte und drei Vierteln ihrer Wellenlänge zusammenfallen, welche Fälle kurz als „Phasendifferenz 0,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , und  $\frac{3}{4}$ “ bezeichnet sind. Unterhalb der Wellenlinie sind die relativen Schwingungszahlen der harmonischen Töne, sowie ihre Intensitäten (J) verzeichnet. In Fig. 22 c, d bezeichnet H die absolute Höhe der komponierten Sinuskurven.

Beim Ausschneiden der Kurven muß übrigens darauf geachtet werden, daß die Wellenberge aus dem Metallstreifen als Thäler ausgeschnitten werden, die Thäler aber als Berge stehen bleiben; denn es sind die Einschnitte, welche die Windspalten öffnen und somit die Intensitätsmaxima der Luftwellen erzeugen, während die vorstehenden Spitzen sie verkürzen und Minima erzeugen. Eine Nichtbeachtung dieser Regel zieht leicht einen Irrthum in der Phasendifferenz um eine halbe Doppelschwingung nach sich.

Die Versuche Koenigs haben nun in der That auch bestätigt, daß die Phasendifferenz der harmonischen Töne nicht gleichgültig für die Klangfarbe ist. Koenig führt in dieser Hinsicht folgende Resultate an.

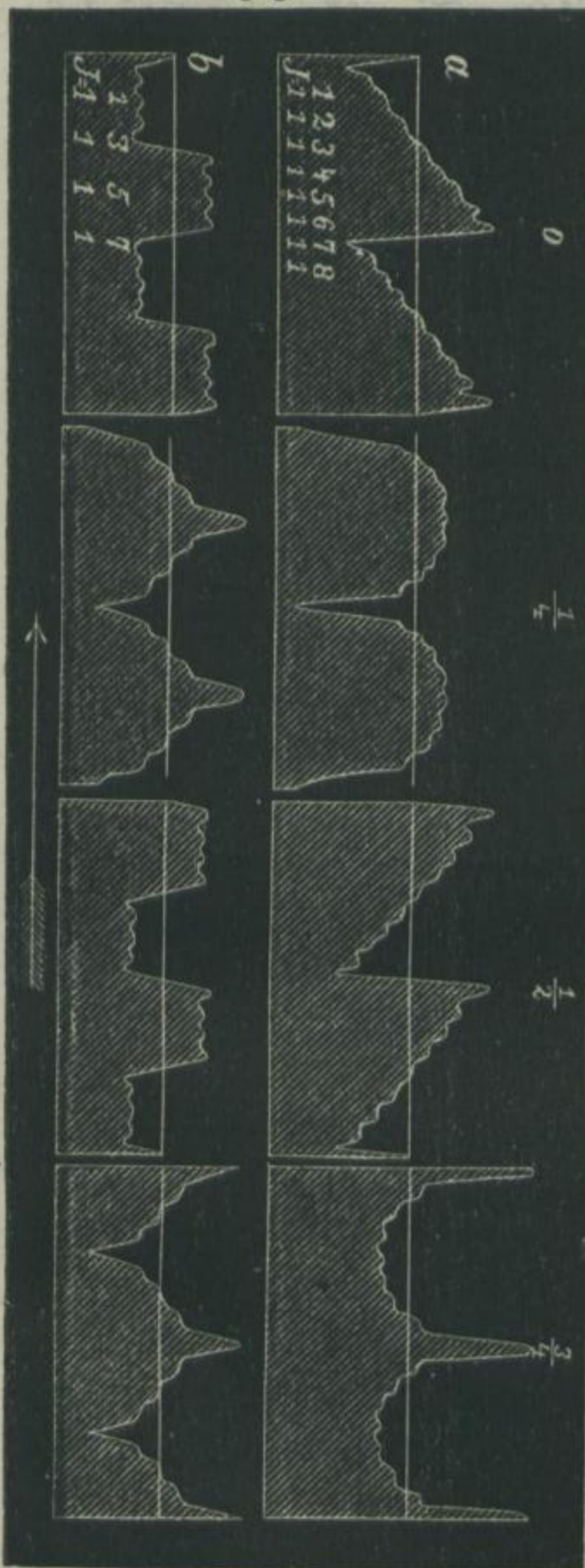
Läßt man den Grundton nur von seiner Oktave gleicher Intensität begleiten, so ist der Klang am stärksten bei der Phasendifferenz  $\frac{1}{4}$ , am schwächsten bei  $\frac{3}{4}$ ; 0 und  $\frac{1}{2}$  stehen zwischen beiden.

Beim Zusammenklang der ersten acht harmonischen Töne von gleicher Intensität, Fig. 21 a, sind die Unterschiede in der Intensität und Klangfarbe noch viel bedeutender. Die ganze Klangmasse ist am lautesten und schärfsten bei der Phasendifferenz  $\frac{1}{4}$ , am schwächsten und sanftesten bei  $\frac{3}{4}$ ; zwischen beiden stehen die Klänge mit 0 und  $\frac{1}{2}$ .

Beim Zusammenklang der Töne 1, 3, 5, 7 gleicher Intensität, Fig. 21 b, ist die Wellenform dieselbe für die Phasenunterschiede  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{3}{4}$ , und ebenso für 0 und  $\frac{1}{2}$ . Erstere giebt einen starken näselnden Klang, während bei dem Phasenunter-

schied 0 und  $\frac{1}{2}$  der Klang äußerst schwach wird, weicher und weniger nasal erscheint.

Klänge, bei denen die harmonischen Töne alle gleiche Intensität mit dem Grundtone haben, kommen indessen bei tönenden Körpern kaum vor. Dagegen sind sehr häufig solche Klänge, bei denen die Intensität der harmonischen Töne nach einem bestimmten Gesetz abnimmt, so bei Zungenpfeifen ohne Ansatzröhren, bei Saiten, die nur mit einem ihrer Eigentöne schwingen, bei sehr dünnarmigen langen Stimmgabeln.



Die Kurven, welche aus der Komposition der Sinusoiden solcher Tonreihen entstehen, gehen immer schließlich in eine einfache Wellenlinie über. Als Koenig die Intensität umgekehrt proportional der Ordnungszahl annahm, wurde dieser Punkt praktisch beim 11. Ton erreicht (vgl. Fig. 22 a); verringerte er aber die Intensität von einem Ton zum andern immer um die Hälfte, so stimmte die Kurve schon beim sechsten Ton fast mit Fig. 22 a überein. Diese beiden Klänge mit regelmäßig abnehmender Intensität hatten gerade wie die Klänge mit harmonischen Tönen von gleicher Intensität die lauteste und schärfste Färbung bei der Phasendifferenz

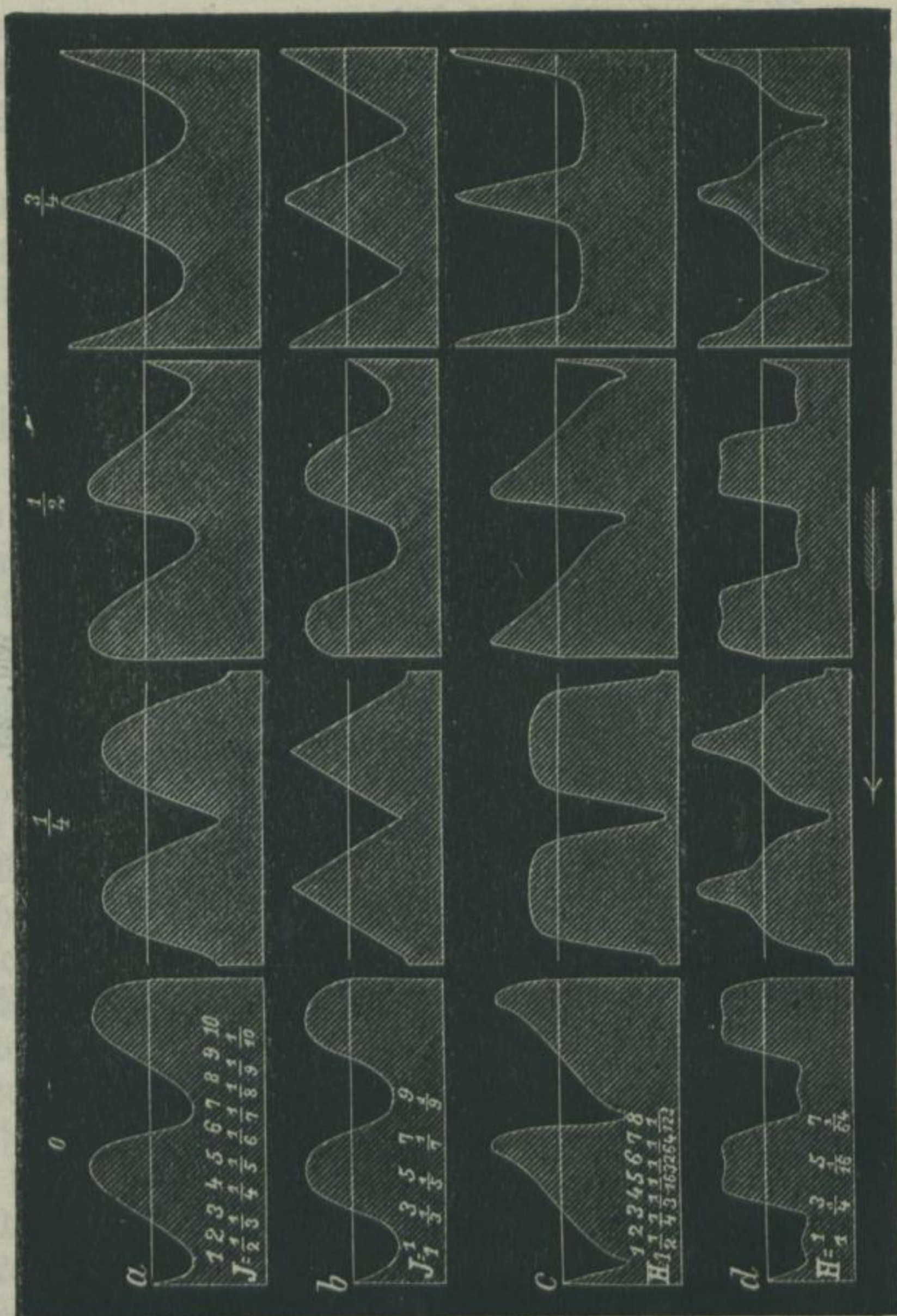
$\frac{1}{4}$ , die schwächste und sanfteste bei  $\frac{3}{4}$ , während 0 und  $\frac{1}{2}$  nach Stärke und Schärfe zwischen beiden standen.

Dasselbe war auch bei Fig. 22 c der Fall; bei Fig. 22 b und d aber, wo nur harmonische Töne ungerader Ordnung auftraten, waren die Klänge bei den Phasendifferenzen  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{3}{4}$

beide stärker und schärfer, als bei den Phasendifferenzen 0 und  $\frac{1}{2}$ .

In Fig. 23 werden Klänge dargestellt mit abwechselnd bald schwächeren bald stärkeren harmonischen Tönen. Solche Klänge

Fig. 22.



werden gewöhnlich nicht direkt von vibrierenden Körpern erzeugt, sondern entstehen durch Verstärkung des einen und des andern harmonischen Tones durch Resonanz. Bei Konstruktion der Figuren 23 a, b, c hat Koenig speciell die Intensitäten zu Grunde gelegt, welche die Vokalclänge Ou (dumpfes U), O (scharfes O)

und A (hell) nach Auerbach für den Gundton e haben (vgl. dieses Jahrb. XIII, S. 66). Koenig untersuchte diese drei Klänge nur bei den Phasendifferenzen 0 und  $\frac{1}{4}$  und fand sie immer stärker und schärfer bei  $\frac{1}{4}$  als bei 0; doch war der Unterschied

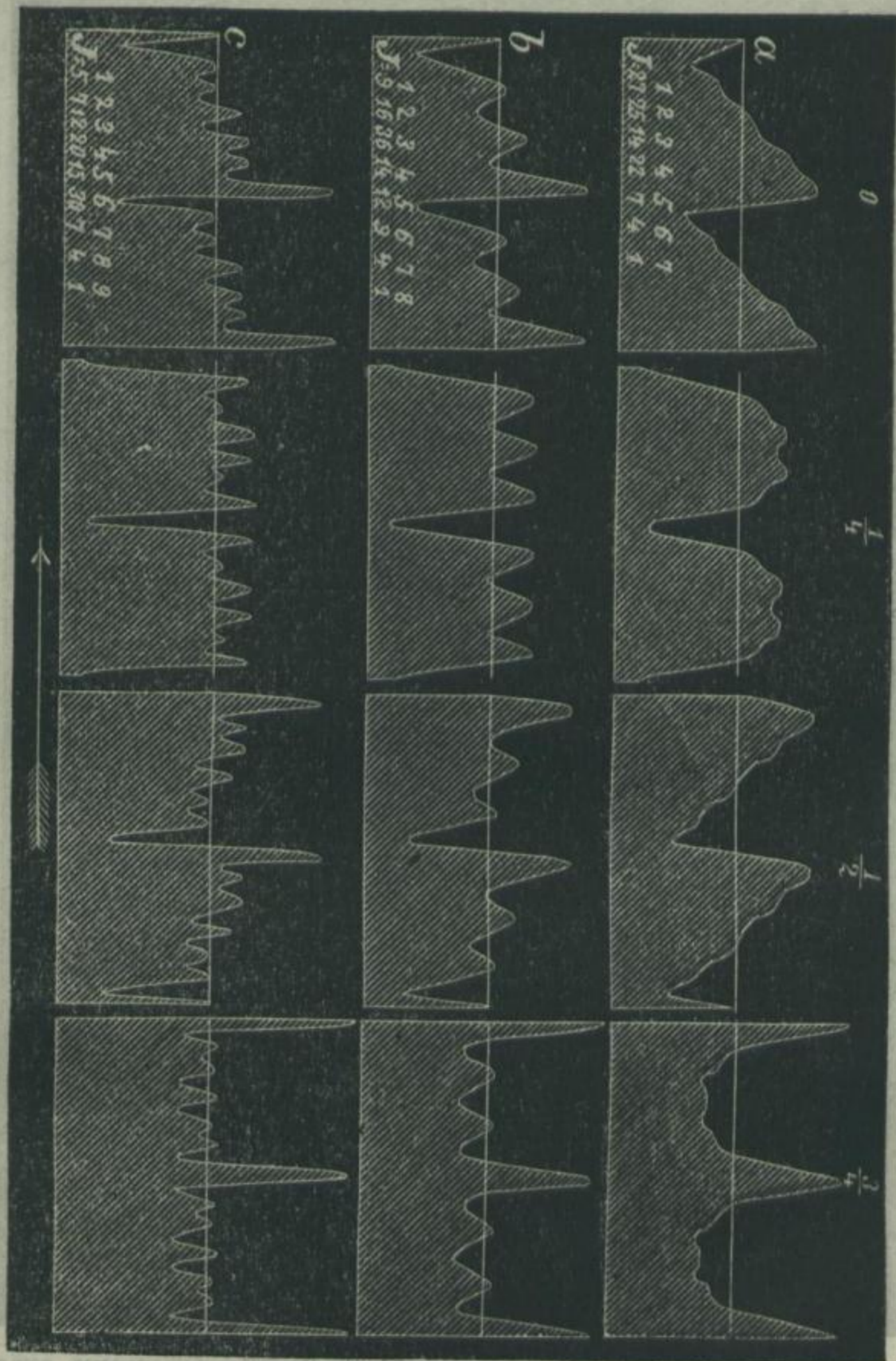


Fig. 23.

nicht in allen drei Fällen gleich groß, am stärksten war er bei a, am schwächsten bei c.

Für Nachahmung der Vokale gaben diese Kurven ungenügende Resultate; nur mit c wurde bei stoßweiser Hervorbringung



des Klanges ein erträglich gutes A erhalten, wenn der Grundton in die Gegend von f oder g fiel.

Koenig hat sich aber nicht auf diese Art der Untersuchung beschränkt, sondern auch noch einen Apparat angegeben, mit dessen Hilfe er die zu untersuchenden Klänge aus einzeln hervorgebrachten harmonischen einfachen Tönen bildet, die durch das Anblasen von Sinuskurven erzeugt werden. Schon 1867 und 1868 hat er einen nach diesem Princip eingerichteten Apparat mit sechszehn einfachen Tönen konstruiert, bestehend aus einem Cylindermantel mit Oeffnungen, deren Ränder durch Sinuslinien gebildet wurden. Da dieser Apparat durch ein Uhrwerk getrieben wurde, so war er möglichst leicht, aus Aluminium hergestellt. Bei seinem neuen Apparate ist diese Leichtigkeit einer größern Solidität geopfert worden.

Die Sinuslinien, welche die ersten sechszehn harmonischen Töne geben, sind an den Rändern von ebenso viel Messingringen von immer größerem und größerem Durchmesser ausgeschnitten, welche in angemessenen Entfernungen hinter einander auf einem treppenförmig abgestuften Regel aus Gußeisen befestigt sind, der auf einer horizontalen Achse sitzt. Beim Rotieren des Regels gehen diese Kurven vor Windspalten vorüber, durch welche sie angeblasen werden; dadurch entstehen einfache Töne, wenn die Spalten radial gerichtet sind, bei schräger Stellung dagegen Klänge, bei denen die Grundtöne von einer Reihe regelmäßig an Intensität abnehmender harmonischer Töne begleitet werden (vgl. S. 132). Die Windröhren sind auf einer Platte montiert, auf welcher sie in konzentrischen Spalten verschoben werden können, um die Herstellung beliebiger Phasendifferenzen zwischen den einzelnen Tönen zu gestatten. Diese Verschiebungen werden mittels kammartig ausgeschnittener Platten bewirkt, welche man auf einem um die Achse des Apparates drehbaren Hebelarme befestigt und gegen deren Zähne Windröhren durch Kautschukbänder gedrückt werden. Bewegt man diesen Hebelarm aufwärts bis zu einer gewissen Höhe, so hebt man dabei sämtliche Windspalten in die durch die Form des Kammes vorher bestimmte Lage. Die Windröhren stehen durch Kautschukschläuche, welche ihre Verschiebung nicht hindern, in Verbindung mit einer Windlade, und der Wind, welcher beim Niederdrücken der Tasten in die Röhren getrieben wird, geht

auf seinem Weg in der Windlade durch Löcher, welche man durch Schieber mehr oder weniger schließen kann, um die Intensität der Töne beliebig zu regulieren. Der Grundton kann, um ihm mehr Kraft zu geben, nicht bloß durch eine Spalte angeblasen werden, die wie die übrigen angeordnet ist, sondern auch noch durch vier Windröhren, die auf einem gemeinsamen Windkasten stehen, welcher direkt durch eine Röhre mit der Windlade verbunden ist.

Um Theiltöne nachzuahmen, erzeugt man Töne, welche von der Reinheit der harmonischen Intervalle abweichen, indem man Windröhren auf einem um die Achse des Apparates drehbaren Hebelarme befestigt und diesen in der Richtung der Rotationsbewegung der Sinuskurve bewegt, wenn man die Töne der Kurven vertiefen will, oder ihn eine entgegengesetzte Bewegung machen läßt, im Fall daß man diese Töne zu erhöhen wünscht.

Der Apparat ist auf einem starken gußeisernen Gestell montiert und wird durch ein Schwungrad in Bewegung gesetzt, das entweder durch die Hand mittels einer Kurbel oder mit dem Fuße durch ein Pedal gedreht wird. Man dreht erst ganz langsam mit der Hand und vergrößert hierauf die Rotationsgeschwindigkeit allmählich, bis die Töne die gewünschte Höhe haben. Diese Geschwindigkeit läßt sich dann mit dem Pedal recht konstant erhalten.

Die Ergebnisse der Beobachtungen an diesem Apparate faßt Koenig in die Sätze zusammen:

„Die Komposition einer Anzahl harmonischer Töne, welche sowohl der gerad- als auch der ungeradzahligten Reihe angehören, erzeugt, ganz unabhängig von der relativen Intensität dieser Töne, immer den stärksten und schärfsten Klang bei der Phasenkoincidenz von  $\frac{1}{4}$  ihrer Wellenlängen, den schwächsten und sanftesten bei der Phasenkoincidenz von  $\frac{3}{4}$  ihrer Wellenlängen, und die Klänge bei der Phasendifferenz 0 und  $\frac{1}{2}$  stehen, sowohl was ihre Intensität, als auch was ihre Schärfe anlangt, immer zwischen beiden.“

„Die Komposition einer Anzahl harmonischer Töne, welche nur der ungeradzahligten Reihe angehören, giebt bei den Phasendifferenzen  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{3}{4}$  einen gleichen Klang, und ebenso einen gleichen Klang bei den Phasendifferenzen 0 und  $\frac{1}{2}$ ; der Klang

bei den Phasendifferenzen  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{3}{4}$  ist aber stärker und schärfer, als der bei den Phasendifferenzen 0 und  $\frac{1}{2}$ .“

Wenn daher auch wirklich die Klangfarbe in der Hauptsache durch die Anzahl und relative Intensität der harmonischen Töne bedingt ist, so ist der Phasenunterschied doch nicht ganz ohne Bedeutung; vielmehr scheint derselbe immer noch Verschiedenheiten hervorzurufen, wie wir sie in der Klangfarbe der Klänge von Instrumenten derselben Gattung oder bei demselben Vokale, von verschiedenen Personen gesungen, beobachten.

### Optik.

#### Anwendung der Augenblicksphotographie auf die Analyse der Bewegung der Thiere.

Schon seit etwa zwölf Jahren hat der französische Akademiker Professor Marey in Paris sich mit experimentellen Studien über die Bewegung der Thiere beschäftigt. Er bediente sich dazu anfangs eines graphischen Verfahrens, welches die Bewegungen in ihrer Abhängigkeit von der Zeit darstellt und genau dem Rhythmus der Gangart bei Menschen und Thieren, d. h. den Moment und die Dauer des Auftretens eines Gliedes auf den Boden erkennen läßt. Bei späteren Versuchen, bei denen er eine noch weiter verfeinerte Methode anwandte, gelang es ihm auch die Phasen des Auf- und Niederschlags der Flügel eines im Fluge begriffenen Vogels, die Linie, welche die Spitze des Flügels im Raume beschreibt, die Aenderungen der Flügelebene, die Schwankungen des Körpers in ihren Beziehungen zur Bewegungen des Fluges aufzuzeichnen.<sup>1)</sup>

Da der Gesichtssinn unzureichend ist, um einigermaßen schnell verlaufende Bewegungen in ihre einzelnen Phasen zu zergliedern, so waren diese graphischen Darstellungen von sehr großem Werth; sie haben eine Menge Beobachtungsfehler berichtigt und gewisse Streitfragen über den Mechanismus der thierischen Bewegung beantwortet. Indessen waren die auf diese Weise erhaltenen Aufschlüsse in mancher Hinsicht noch unvollständig. So hat sich Marey namentlich auch mit den verschiedenen Gangarten des Pferdes beschäftigt und die Stellungen

1) Marey, la machine animale. 1<sup>re</sup> édition. 1873.

des Thieres in den verschiedenen Phasen jeder Gangart darzustellen versucht. Zu dem Zwecke wandte er elastische Luftbehälter an, welche an den Enden der Extremitäten des Thieres befestigt werden und durch biegsame Röhren mit dem Registrierapparate in Verbindung stehen, den der Reiter in der Hand trägt. Dieser Registrierapparat besteht aus einem mit einem Papiermantel überkleideten vertikalen Cylinder, welcher durch ein Uhrwerk in gleichmäßige Umdrehung versetzt wird. Den Cylinder berühren in verschiedenen Höhen vier Schreibstifte, welche sich heben, wenn in den mit ihnen durch die biegsamen Röhren in Verbindung stehenden elastischen Luftbehältern in Folge der Bewegung der betreffenden Körpertheile die Luft komprimiert wird. An der Kurve, welche jeder Stift auf dem Cylinder aufzeichnet, kann man dann den Moment des Beginns der Kompression und auch ihre Dauer ablesen. Marey bringt nun den elastischen Luftbehälter entweder unter der Sohle des Pferdesfußes an oder er schnallt ihn mittels Riemen über dem Fesselgelenk fest. Die Aufzeichnungen, welche Marey auf diese Weise erhielt, haben u. a. die erste genauere Darstellung des Galopps gegeben, und bezüglich des Trabes wurde festgestellt, daß die Zeit des Auftretens durchschnittlich doppelt so groß ist, als die Zeit, während welcher der Körper in der Luft schwebt. Aber wenn auch die Angaben des Registrierapparates bezüglich des Auftretens sehr genau waren, so war dies doch nicht der Fall bezüglich der Lage der Beine im gehobenen Zustande. Hier blieb manches zweifelhaft und die Vergleichung mit den Ergebnissen, die durch ein neues, noch exakteres Hilfsmittel gewonnen worden sind, haben in den diesbezüglichen Angaben Mareys manche Ungenauigkeiten nachgewiesen.

Dieses Hilfsmittel bestand in der Augenblicksphotographie und wurde zu dem erwähnten Zweck zuerst von dem Amerikaner *Muybridge* in San Francisco benutzt. Die Anordnung, deren sich dieser bediente, gestattet, nach seiner Angabe, Bilder zu fixieren, deren Dauer nicht mehr als 0,0005 Sekunde beträgt. Mag diese Angabe nun richtig sein oder nicht, soviel steht fest, daß die von ihm erhaltenen Photographien in wissenschaftlicher Hinsicht vom höchsten Interesse sind, sowie sie auch nach der technischen Seite hin große Bewunderung erregt haben. Eine Anzahl solcher Darstellungen sind in dem von *G. Tiffan*

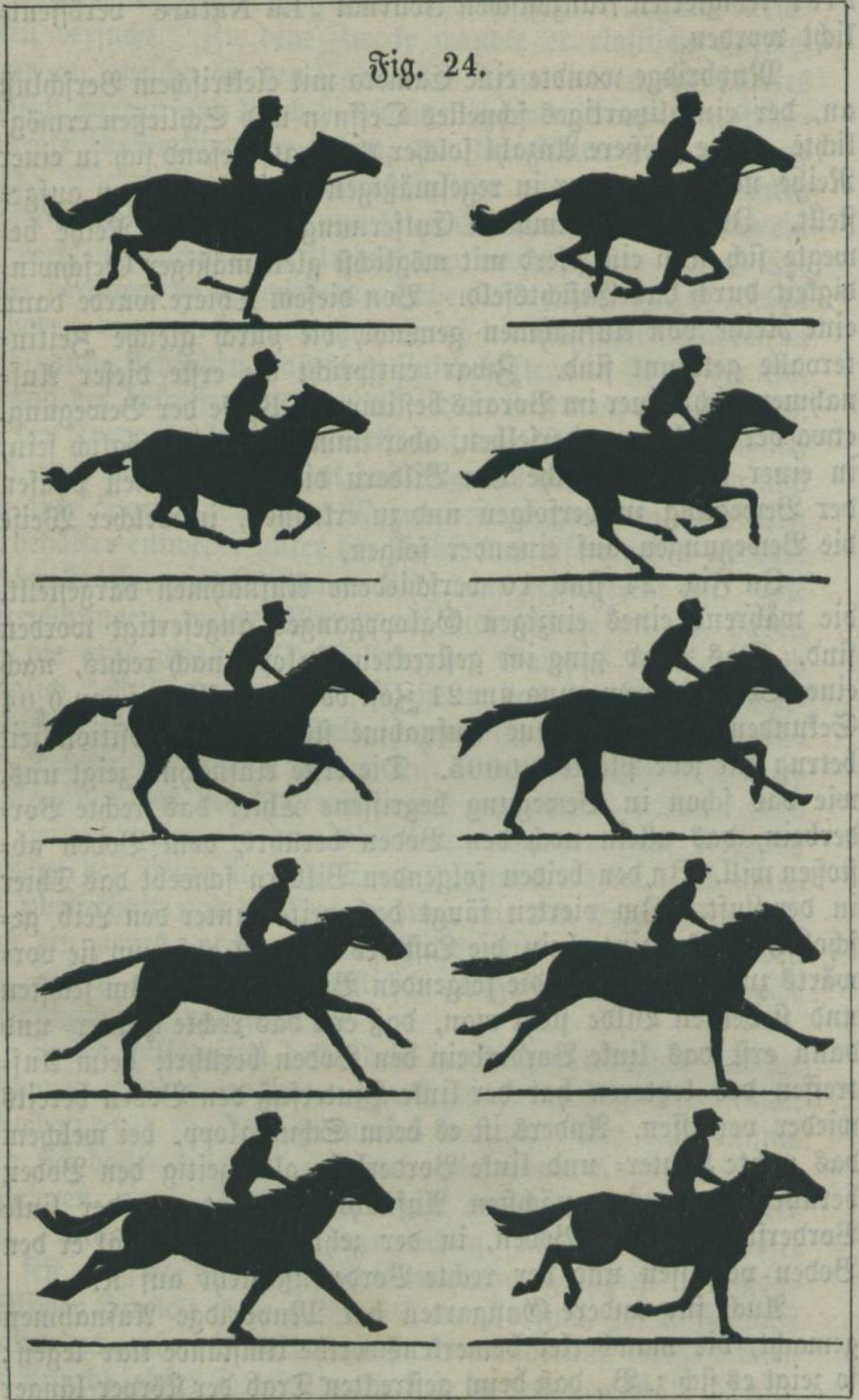
dier redigierten französischen Journal „La Nature“ veröffentlicht worden.

Muybridge wandte eine Camera mit elektrischem Verschluss an, der ein blitzartiges schnelles Oeffnen und Schließen ermöglichte. Eine größere Anzahl solcher Apparate befand sich in einer Reihe neben einander in regelmäßigen Zwischenräumen aufgestellt. In einer bestimmten Entfernung von dieser Reihe bewegte sich nun ein Pferd mit möglichst gleichmäßiger Geschwindigkeit durch das Gesichtsfeld. Von diesem Thiere wurde dann eine Reihe von Aufnahmen gemacht, die durch gleiche Zeitintervalle getrennt sind. Zwar entspricht die erste dieser Aufnahmen nicht einer im Voraus bestimmten Phase der Bewegung, etwa der Einleitung derselben, aber immer wird es möglich sein, in einer größeren Reihe von Bildern die verschiedenen Phasen der Bewegung zu verfolgen und zu erkennen, in welcher Weise die Bewegungen auf einander folgen.

In Fig. 24 sind 10 verschiedene Aufnahmen dargestellt, die während eines einzigen Galoppganges angefertigt worden sind. Das Pferd ging im gestreckten Galopp nach rechts, nach einer Vorwärtsbewegung um 21 Zoll oder nach Ablauf von 0,04 Sekunden fand eine neue Aufnahme statt, die Expositionszeit betrug für jede Platte 0,0005. Die erste Aufnahme zeigt uns, wie das schon in Bewegung begriffene Thier das rechte Vorderbein, das allein noch den Boden berührt, vom Boden abstoßen will. In den beiden folgenden Bildern schwebt das Thier in der Luft. Im vierten fängt das weiter unter den Leib geschobene linke Hinterbein die Last des Körpers auf, um sie vorwärts zu schieben, wie die folgenden Bilder zeigen. Im sechsten und siebenten Bilde sieht man, daß erst das rechte Hinter- und dann erst das linke Vorderbein den Boden berührt; beim Auftreffen des letzteren hat der linke Hinterfuß den Boden bereits wieder verlassen. Anders ist es beim Schulgalopp, bei welchem das rechte Hinter- und linke Vorderbein gleichzeitig den Boden berühren. In den nächsten Aufnahmen, ruht nur der linke Vorderfuß auf dem Boden, in der zehnten dagegen hat er den Boden verlassen und der rechte Vorderfuß steht auf 2c.

Auch für andere Gangarten hat Muybridge Aufnahmen gemacht, die mancherlei bemerkenswerthe Umstände klar legen; so zeigt es sich z. B., daß beim gestreckten Trab der Körper länger

Fig. 24.



in der Luft schwebt als er sich auf den Boden stützt, entgegen dem, was Marey für den gewöhnlichen Trab nachgewiesen hat.

Von der Korrektheit dieser Augenblicksbilder kann man sich überzeugen, wenn man eine Reihenfolge solcher Bilder in schnellem Wechsel dem Auge darbietet, was mittels einer stroboskopischen Scheibe, eines Phenakistoscopes oder eines Zoötropes geschehen kann. Muybridge selbst hat solche Zoötrope mit Augenblicksphotographien hergestellt, ferner Professor Duval und Oberst Duhouffet in Frankreich, Schmidt-Mülheim in Deutschland, Professor Zieckly in Buda-Pest u. A. In der richtigen Bewegungsrichtung vor dem Auge vorübergeführt, geben diese Bilder eine getreue Darstellung der Bewegungen, die wir bei der betreffenden Gangart an dem Pferde beobachten.

Als Marey die Bilder von Muybridge in der „Nature“ gesehen hatte, forderte er denselben auf, die Augenblicksphotographie auch auf das Studium des Fluges der Vögel anzuwenden <sup>1)</sup> und schlug vor, eine photographische Flinte zu diesem Zwecke zu benutzen, nach Art des photographischen Revolvers, den Janssen für die Beobachtung des Venusdurchganges 1874 konstruiert hat (vgl. dieses Jahrb. XI, S. 48). Muybridge sagte in der That Aufnahmen von Vögeln im Fluge zu, und als er im September vorigen Jahres nach Paris kam, befanden sich in seiner reichhaltigen Sammlung von Augenblicksaufnahmen auch mehrere Bilder fliegender Vögel. Es waren dies aber nicht wie bei den Bildern von Menschen und Pferden in Bewegung Reihen von Bildern rasch auf einander folgender Zustände, sondern einzelne Bilder, wie sie Cailletet schon einige Jahre früher erhalten hatte, welche die Flügel des Vogels nur in einer einzigen Position darstellten.

Marey nahm daher seine frühere Idee der photographischen Flinte wieder auf, und es gelang ihm einen Apparat von der Größe einer Jagdflinte herzustellen, der zwölf Bilder in der Sekunde liefert; die Expositionszeit beträgt  $\frac{1}{720}$  Sekunde, es wird dabei der Bromsilbergelatine-Prozess benutzt. Fig. 25 zeigt uns die äußere Ansicht der photographischen Flinte. In dem Rohr befindet sich ein photographisches Objektivglas. Am hintern Ende des Rohres ist eine große cylindrische Büchse am Kol-

1) Comptes rendus XCVI, p. 1013.

ben befestigt, die ein Uhräderwerk enthält, von dem man bei B das Aeußere des Federhauses sieht. Wenn man auf den Stecher b des Uhrwerks drückt, so setzt sich dieses in Thätigkeit

Fig. 25.



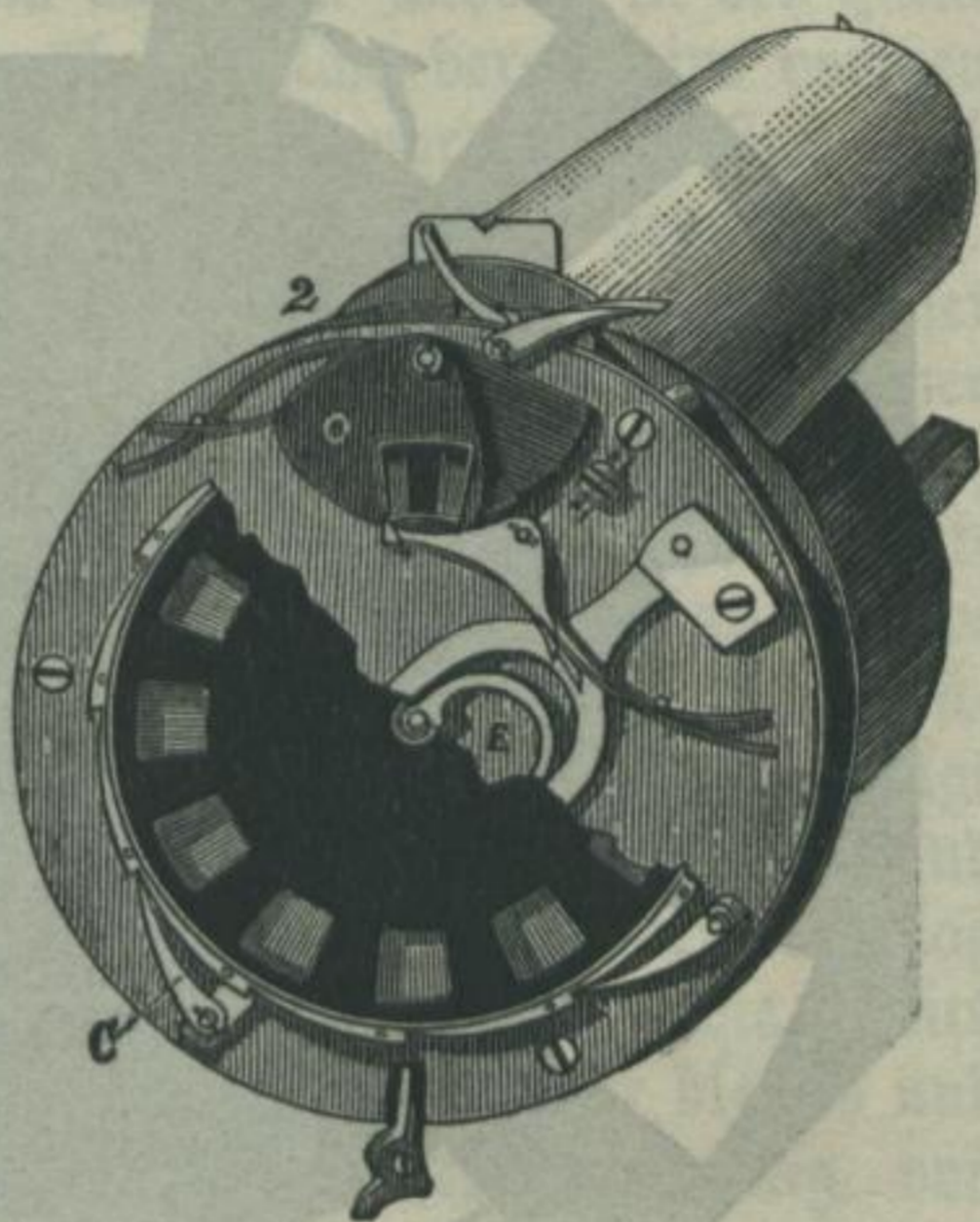
und ertheilt dem Mechanismus seine Bewegung. Diese Theile sind in Figur 26 dargestellt, welche das Innere der cylindrischen Büchse zeigt. Zunächst ist ein centrale Achse zu erwähnen, welche zwölf Umdrehungen in der Sekunde macht und die verschiedenen Theile des Apparates regiert. Von diesen ist zuerst eine undurchsichtige Scheibe mit einem kleinen Fenster zu nennen, die als Diaphragma dient und dem vom Objektivglas kommenden Licht nur zwölfmal in der Sekunde und jedesmal nur  $\frac{1}{720}$  Sekunde lang den Durchgang gestattet. Hinter dieser ersten Scheibe ist frei um dieselbe Achse beweglich eine zweite angebracht, welche zwölf Oeffnungen hat (vgl. Fig. 26) und hinter welcher die empfindliche Platte aufgestellt ist. Diese Scheibe rotiert intermittierend, so daß sie zwölfmal in der Sekunde kurze Zeit festgehalten wird, während durch das offene Fenster Licht dringt. Diese Unterbrechungen werden durch ein Excenter E bewirkt, welches auf der centralen Achse sitzt und einer Sperrklinke eine hin- und hergehende Bewegung ertheilt, welche wieder bei jeder Oscillation einen der Zähne C erfaßt, die am Rande der durchbrochenen Scheibe sitzen. Ein Deckel hält das Licht von der Rückseite ab.

Eine Büchse von cylindrischer Form, ähnlich den im Handel vorkommenden sogenannten Zauberbüchsen, dient dazu 25 sensitive Platten aufzubewahren und dieselben, ohne sie dem Licht auszusetzen, in die photographische Flinte einzuführen.



Bevor Marey seinen Apparat zur Aufnahme von Vögeln im Fluge anwandte, photographierte er erst andere Objekte, so einen schwarzen Pfeil, der sich vor einer von der Sonne beschienenen weißen Fläche so rasch um eine Achse drehte, daß man ihn nur ganz un-

Fig. 26.



deutlich wahrnehmen konnte. Auf der photographischen Platte erschienen zwölf deutliche Bilder des Pfeiles und seines Schattens auf dem weißen Hintergrund, auf dem Umfange eines Kreises geordnet. Dann wurden ein Sekundenpendel, sowie ein chronographischer Apparat photographiert, mit dessen Hilfe zugleich die Expositionszeit bestimmt ward.

Nach diesen Vorversuchen ging Marey an die Aufnahme fliegender Vögel. Fig. 27 zeigt uns die Nachbildung einer solchen Aufnahme einer Seemöve; da dieselbe in der Sekunde drei Flügelschläge macht, so findet man in den zwölf Bildern vier Flügelstellungen, die sich periodisch wiederholen: zuerst sind die Flügel am weitesten erhoben, dann im Heruntergehen begriffen, hierauf in der tiefsten Stellung und auf dem vierten Bilde wieder in aufsteigender Bewegung. Durch Vergrößerung dieser Bilder wurden Figuren erhalten, die auch aus größerer Entfernung sichtbar waren, deren Schärfe aber zu wünschen übrig ließ. Die Negative waren nämlich etwas körnig, wohl in Folge eines Mangels des photographischen Processes. Durch heliographische Reproduktion wurden aber schöne Silhouetten erhalten, wie Fig. 28 und 29, welche die Möve zeigen beim Beginn und beim Ende der abwärts gehenden Bewegung der Flügel. Nach Mareys Angabe lassen die negativen Originalphotographien mit der Lupe deutlich die Struktur der Federn erkennen.

Schwieriger als Vögel läßt sich die Fledermaus photographisch beobachten, theils wegen der Eigenthümlichkeit ihres

Fig. 27.

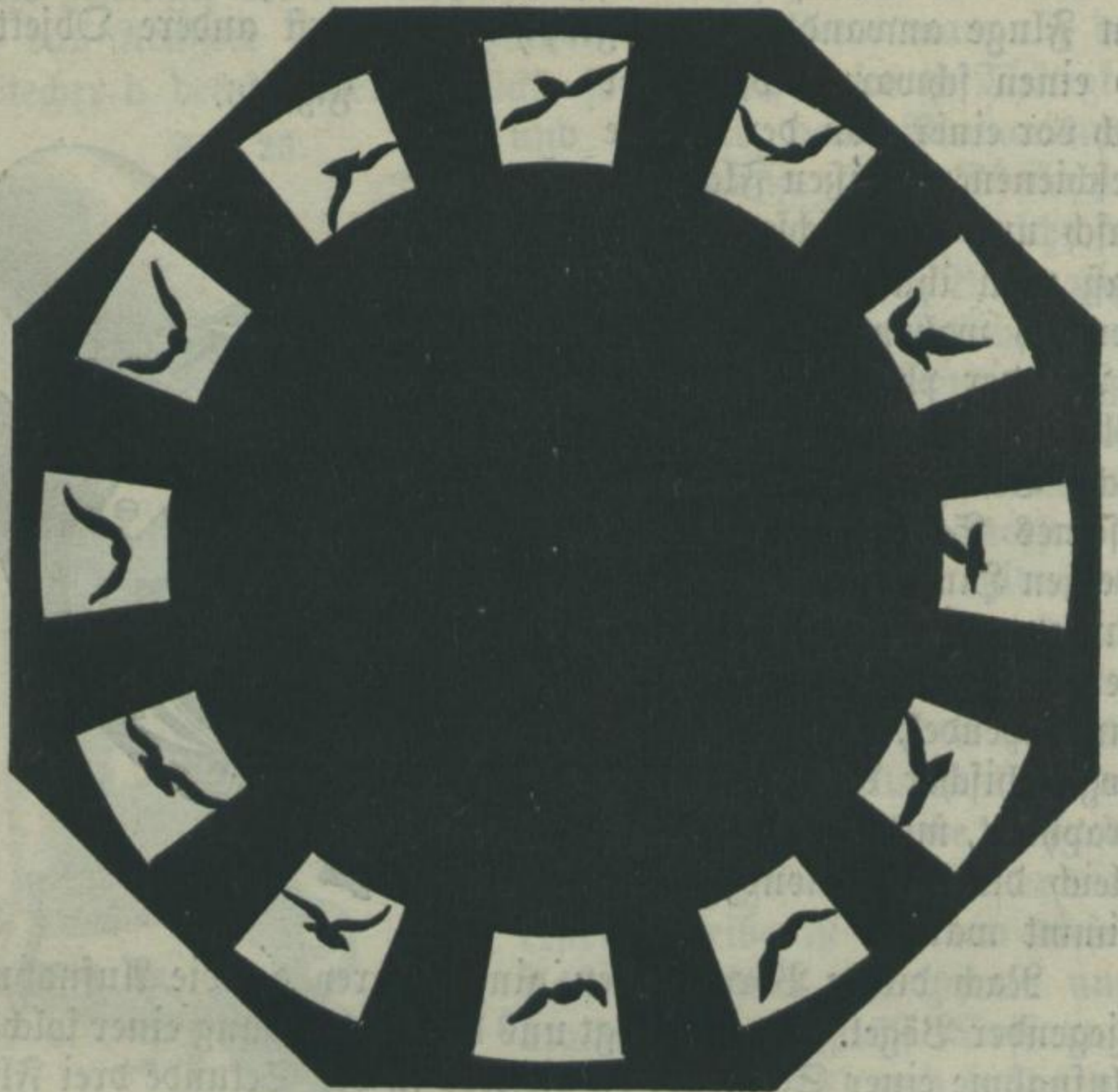


Fig. 28.

Fig. 29.



Fluges und der Kleinheit ihres Körpers, theils weil sie nur im Dunkeln fliegt. Doch ist es Marey auch bei ihr gelungen, einige genügende Bilder zu erlangen.

## Phosphorescenz.

Die leuchtenden Anstrichfarben, die vor einiger Zeit zuerst von *Balmain* und dann auch von andern in den Handel gebracht worden sind und über welche bereits im vorigen Jahrg. dieses Jahrb. S. 352 berichtet worden ist, sind auch mehrfach Gegenstand physikalischer Untersuchung gewesen.

Ueber die Ursache der Phosphorescenz dieser Schwefelverbindungen der Erdmetalle nach vorhergegangener Bestrahlung haben *Dr. Eugen Dreher*, Docent in Halle, und der Chemiker *J. Gädicke* in Berlin eine Arbeit veröffentlicht<sup>1)</sup>, in welcher sie zunächst der früher mehrfach ausgesprochenen Ansicht entgegentreten, als sei das Leuchten der künstlichen Phosphore, das sogenannte Phosphorescieren, eine Folge der Nachschwingungen der vom Licht erregten Molekeln und vergleichbar dem Nachklingen einer Saite nachdem der Anschlag aufgehört hat. Sie berufen sich dabei zunächst auf die bereits von *Becquerel* nachgewiesene Thatsache, daß nur blaues und violettes Licht die Phosphorescenz hervorrufft, gleichgültig, von welcher Farbe das Phosphorescenzlicht ist, während sich rothes, gelbes und auch grünes Licht nicht bloß unwirksam erweist, sondern sogar auslöschend wirkt. Weiter gedenken sie der von *Canton* beobachteten Eigenschaft, daß Phosphore, die früher bestrahlt worden sind, bei ziemlich starker Erwärmung während kurzer Zeit hell aufleuchten, dann aber ganz aufhören zu leuchten und erst durch eine neue Bestrahlung dazu gebracht werden können. Frisch bereitete Leuchtmaterie leuchtet beim Erwärmen nicht. Es hat also den Anschein, als werde beim Erwärmen die Lichtmenge wieder ausgetrieben, die beim Bestrahlen verschluckt worden ist.

Um näher zu ermitteln, welche Strahlen erregend und welche auslöschend auf die leuchtende Materie wirken, von der sie zwei Arten, die blauviolett und die grün leuchtende unterschieden, füllten sie 1) eine farblose Glasugel von ungefähr 4 Zoll Durchmesser mit konzentrierter Kalialaunlösung, welche die Lichtstrahlen durchgehen läßt, die Wärmestrahlen aber abschneidet: 2) eine gleiche Glasugel mit einer Lösung von Jod

1) „Die Natur“ 1881. Nr. 39.

in Schwefelkohlenstoff, von so starker Konzentration, daß die Lichtstrahlen absorbiert wurden, die Wärmestrahlen jedoch hindurchgingen 3) eine gleiche Glasugel mit konzentrierter (im durchgelassenen Lichte vollkommen farblos) Aeskulinlösung, welche die das Chlorsilber schwärzenden chemischen Strahlen abschneidet, und 4) zum Vergleiche eine gleiche Kugel mit destilliertem Wasser. Jede der vier Kugeln wurde mit einer Dunkelkammer von stumpfer schwarzer Pappe versehen, so daß der Brennpunkt der Kugel kurz vor der Hinterwand der Dunkelkammer zu liegen kam. In die letztere wurden alsdann Platten, die mit bisher unbestrahlter grünleuchtender Materie bestrichen waren, gebracht und die Apparate ungefähr fünf Minuten dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt. Im Dunkeln zeigte sich, daß die zur Alaunlösung und zum Wasser gehörigen Platten ansehnlich phosphorescierten, während die der Jod- und Aeskulinlösung keine Spur von Nachleuchten aufwiesen. Statt der genannten Platten wurde dann mit nassem Chlorsilber getränktes Papier, gewonnen durch Bepinseln von mit Chlornatrium imprägniertem Papier mittelst starker Höllesteinlösung, in die Apparate gebracht und diese gleiche Zeit dem Sonnenlichte ausgesetzt. Das durch Wasser und Alaunlösung gegangene Licht hatte das Chlorsilber erheblich geschwärzt, während die Papierstreifen, die sich hinter der Aeskulin- und Jodlösung befanden, unverändert geblieben waren. Es folgt daraus, daß die (chemischen) Strahlen, die auf das Chlorsilber zersetzend wirken, auch die Phosphorescenz der leuchtenden Materie verursachen.

Hierauf wurden mit grünleuchtender Materie bestrichene, zuvor dem direkten Sonnenlichte ausgesetzte und lebhaft phosphorescierende, Platten in die Finsterkammern gebracht und drei Minuten lang dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt. Es zeigte sich im Dunkeln, daß sowohl die Aeskulinlösung wie auch die Jodlösung vollkommen auslöschend gewirkt hatten, während das Wasser und auch die Alaunlösung dazu beigetragen hatten, die Intensität der Phosphorescenz auf ihrer Höhe zu erhalten. Hieraus folgt, daß diejenigen Strahlen von auslöschendem Einflusse auf das Nachleuchten sind, welche sowohl von der Jodlösung, wie von der Aeskulinlösung hindurch gelassen werden.

Zur Erklärung der eigenthümlichen Erscheinungen der leuchtenden Materie führte nun die in der Photographie bekannte Thatsache, daß Jod- und Bromsilber unterm Einflusse des Tageslichtes in der Dunkellammer nicht zerfällt, sondern daß hier nur eine Zersetzung eingeleitet, d. h. das Jod- oder Bromsilber befähigt wird, sich in Gegenwart gewisser Körper (z. B. schwefelsauren Eisenoxyduls) in Jod (oder Brom) und Silber zu zerlegen. Diese Eigenschaft geht aber beim Aufbewahren im Dunkeln bald verloren.

Diese Erscheinungen suchen nun Dreher und Gädicke durch die Annahme zu erklären, daß jede chemische Molekel eine bestimmte Elasticitätssphäre besitzt, bei welcher den Atomen derselben ein Spielraum ihres gegenseitigen Abstandes geboten ist. Erst dann, wenn dieser Spielraum überschritten wird, zerlegt sich die Molekel, die chemische Verbindung zerfällt. Man hätte sich also die zwischen Silber und Brom oder Jod wirkende chemische Verwandtschaft bildlich wie eine Art elastischen Bandes vorzustellen, welches nach Umständen mehr oder minder gespannt sein kann. Das Sonnenlicht würde nun in der Molekel Jodsilber ( $\text{AgJ}$ ) dieses Band in starke Spannung versetzen, wodurch ein größerer Abstand der Atome bewirkt wird, aber auch ein gesteigertes Streben der Atome, sich wieder bis zu ihrem normalen Abstände zu nähern. Läßt man jetzt einen Stoff einwirken, der zu dem Jod Verwandtschaft hat, so kann es leicht geschehen, daß bei der größeren als normalen Entfernung des Jodatomes von dem Silberatome, das dem Jodatome nächstehende Atom des fremden Stoffes im Stande ist, die chemische Verwandtschaft zwischen dem Jodatome und dem Silberatome aufzuheben, wodurch die Molekel Jodsilber zerfallen muß. Bleibt sich jedoch das Jodsilber selbst überlassen, so wird die durch das Licht bewirkte Spannung nach Abschluß des Lichtes genügen, um den normalen Zustand wieder herzustellen. Man kann nun annehmen, daß die das Chlorsilber schwärzenden Strahlen auf die leuchtende Materie, welche als Schwefelcalcium ( $\text{CaS}$ ) betrachtet werden mag, in analoger Weise einwirken, d. h. also, daß diese Strahlen vermögend sind, das Calcium und das Schwefelatom an die Grenze ihrer „Elasticitätssphäre“ zu bringen. Von dieser Hypothese ausgehend, wird es verständlich, daß nach Aufhebung des Einflusses der chemi-

schen Strahlen sich das Schwefel- und das Calciumatom einander wieder nähern. Bei dieser Bewegung wird aber, wie bei jeder Pendelbewegung, die normale Lage überschritten und dadurch eine pendelartig hin- und hergehende Bewegung eingeleitet, die allerdings in Folge des Widerstands des Aethers immer schwächer wird bis zum vollständigen Aufhören, aber doch wegen der geringen Größe dieses Widerstandes ziemlich lange anhält.

Dreher und Gädicke neigen nun zu der Annahme, daß diese atomistischen Bewegungen innerhalb der chemischen Molekeln des Schwefelcalciums Ursache zu einer Schwingungsform der physikalischen Molekeln des Schwefelcalciums sind, welche Schwingungsform wir als Licht und Farbe wahrnehmen.

Wenn so die chemischen Strahlen (die das „ungefärbte“ Chlorsilber schwärzen) auf das Schwefelcalcium eine Art analytischer Wirkung ausüben, so bleibt nichts weiter übrig, als anzunehmen, daß die Wärmestrahlen gewissermaßen synthetisch wirken, eine Wirkung der Wärme, die in der Chemie zur Genüge bekannt ist. Hieraus würde sich die auslöschende Kraft der Wärmestrahlen ergeben.

Die aufgestellte Theorie erklärt nach der Ansicht ihrer Urheber nicht nur vollkommen befriedigend die Lichtphänomene der leuchtenden Materie, sondern gestattet auch, eine Menge physikalischer wie chemischer Erscheinungen unter einem neuen Gesichtspunkte zu betrachten.

Nach dieser Theorie kann während der Insolation die Materie gar nicht leuchten, das Leuchten kann vielmehr erst dann eintreten, wenn die Bestrahlung nachgelassen oder aufgehört hat. Dies wird auch durch die folgenden Versuche bestätigt. Man exponiere die violett- wie die grünleuchtende Materie dem direkten Sonnenlichte und beobachte sie während einiger Minuten aufmerksam. Beide glänzen in Weiß, ohne auch nur eine Spur von einem Farbentone zu verrathen, während man doch erwarten dürfte, falls beide Stoffe außer dem reflektierten weißen Sonnenlichte noch eigenes farbiges Licht spendeten, daß in Folge der ungleichen Ermüdung der Netzhaut Komplementärfarben auftreten müßten. Erst in dem Augenblicke, wo die Intensität der Beleuchtung nachläßt, schimmert jede Materie in dem ihr eigenen Farbenglanze.

Auch bei Betrachtung der von der Sonne beschienenen Stoffe abwechselnd durch ein Kobalt- und grünes Glas gewinnt man den Eindruck, daß man rein weiße Stoffe betrachtet, während bei Aussendung eigenfarbigen Lichtes die grünleuchtende Materie durch das Kobaltglas ziemlich dunkel im Vergleich zu der durch dasselbe Glas betrachteten violettleuchtenden erscheinen müßte.

Wenn auch diese Erfahrungen für die Richtigkeit des Grundgedankens der Dreher-Gädick'schen Theorie sprachen, so muß doch daran erinnert werden, daß nach der heutzutage geltenden Annahme nicht Körpertheilchen, sondern Aethertheilchen den Licht- und Farbeindruck durch ihre Schwingungen erzeugen, und es scheint daher geboten, die Theorie in diesem Sinne zu modificieren.

Ueber das Gesetz der Abnahme des von einer phosphorescierenden Fläche ausgesandten Lichtes sind von L. Darwin Versuche angestellt worden.<sup>1)</sup> Die mit phosphorescirender Balmain'scher Substanz bestrichene Fläche bildete dabei die eine Seite eines mit Wasser und Eis gefüllten dünnwandigen metallenen Hohlwürfels; oberhalb dieser Fläche war ein Seidenpapier angebracht, und das Ganze bildete die Rückseite eines Holzkastens, dessen Vorderwand mit einer kleinen Oeffnung versehen war, vor welche der Beobachter sein Auge hielt. Um die Farbentöne des Seidenpapiers und der phosphorescierenden Fläche gleich zu machen, wurde vor das Auge noch eine Lösung von Kupfervitriol und ein blaues Glas gebracht. Das Seidenpapier wurde von hinten durch eine Lampe beleuchtet und die Stärke der Beleuchtung bestimmt durch die Entfernung dieser Lampe. Es wurden nun die Zeiten beobachtet, zu denen die vorher einige Sekunden vom direkten Sonnenlicht bestrahlte phosphorescierende Fläche gleiche Helligkeit besaß mit dem Seidenpapier bei bestimmten, immer größer werdenden Abständen der Lampe. Die Beobachtungen stimmten gut überein mit der Formel,

$$10,86 \cdot (t + 0,498) = 26,1,$$

in welcher  $l$  die Helligkeit und  $t$  die Zeit bedeutet. Ein da-

1) Philosophical Magazine, March 1881, p. 210.

mit übereinstimmendes Resultat hat schon früher E. Becquerel bei anderen phosphoreszierenden Körpern gefunden.

### Wärmelehre.

#### Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

Wir erwähnen zunächst einige Arbeiten über Volumenveränderungen, welche feste Körper bei Temperaturänderungen erleiden.

**Zink.** Verschiedene Unregelmäßigkeiten, die sich bei Vergleichung der Messungen ergaben, welche mit mehreren im Besitz der Seevermessung der Vereinigten Staaten befindlichen, aus je einem Zink- und einem Kupferstab nach Art gewisser Metallthermometer zusammengesetzten Maßstäben erhalten waren, veranlaßten E. B. Comstock eine Untersuchung darüber anzustellen, ob ein Zinkstab bei derselben Temperatur auch stets dieselbe Länge besitzt.<sup>1)</sup> Zu dem Ende wurde ein Zinkstab, der bei  $36^{\circ}$  Fahrenheit ( $2\frac{2}{9}^{\circ}$  C.) die Länge von 1 m hatte, bis zu  $70$  bis  $80^{\circ}$  F. ( $21\frac{1}{9}$  bis  $26\frac{2}{3}^{\circ}$  C.) erhitzt, dann wieder auf  $36^{\circ}$ , und hierauf weiter auf  $-3^{\circ}$  F. ( $-19\frac{4}{9}^{\circ}$  C.) abgekühlt und zuletzt wieder auf  $36^{\circ}$  F. gebracht. Es ergab sich dabei zwischen der ursprünglichen Länge und der nach dem Erhitzen und Abkühlen gemessenen ein Unterschied von  $15 \mu$ , d. h. 15 Mikron oder 0,015 mm. Bei einem 4 m langen Stabe wurde unter ähnlichen Bedingungen eine Längenveränderung von 29 Mikron beobachtet.

Wahrscheinlich sind diese Aenderungen nur temporär und verschwinden allmählich wieder; doch fehlt es noch an Beobachtungen über die Dauer derselben.

**Hartgummi.** Beobachtungen von Kohlrausch haben gezeigt (vgl. dieses Jahrb. X, S. 146), daß die körperliche Ausdehnung des Hartgummis bei  $0^{\circ}$  der des Quecksilbers gleich und bei höheren Temperaturen noch größer ist. Neuere Messungen, die R. Fuëß an einem Hartgummistabe in einer mit Quecksilber angefüllten Glasröhre bei Temperaturen zwischen  $14,2^{\circ}$  und  $23,9^{\circ}$  angestellt hat<sup>2)</sup>, gaben den linearen Ausdehnungskoeffizienten bei  $18,5^{\circ}$  zu 0,000 082, was ungefähr mit dem

1) Sillimans Journ. XXII, p. 26.

2) Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Jahrg. I, S. 390.



Resultat von Kohlrausch übereinstimmt. Auch fand Fuesz wie früher Kohlrausch, daß dieser Coefficient mit steigender Temperatur rasch wächst.

**Kautschuk.** Die merkwürdige, nachher auch von Andern konstatierte Thatsache, daß gespanntes Kautschuk sich beim Erwärmen nicht verlängert, sondern verkürzt, scheint zuerst *Gough* entdeckt zu haben. *Schmulewitsch* glaubte die Erklärung für dieses abnorme Verhalten darin zu finden, daß zwar die Wärme das Kautschuk in normaler Weise ausdehne, gleichzeitig aber seinen Elasticitätscoefficienten vergrößere. Indessen zeigen alle andern in dieser Hinsicht untersuchten Körper bei zunehmender Temperatur eine Verkleinerung des Elasticitätscoefficienten, und *Erner* hat gefunden, daß dies auch beim Kautschuk so ist. Derselbe sucht daher die Ursache der Kontraktion des Kautschuks in eigenthümlichen, durch die Bereitungsweise hervorgerufenen Strukturverhältnissen und weist darauf hin, daß thierische Muskeln das gleiche abnorme Verhalten gegen Wärme zeigen. Neuere Untersuchungen über diesen Gegenstand sind von *Lebedoff*<sup>1)</sup> und von *Russner*<sup>2)</sup> angestellt worden. Es geht aus denselben hervor, daß trotz der Zusammenziehung in der Länge das Volumen des gespannten Kautschuks beim Erwärmen zu-, der Elasticitätscoefficient aber abnimmt. Solcher Kautschuk ist jedenfalls ein anisotroper Körper, auf den die Wärme, wie auf manche Krystalle, in verschiedenen Richtungen verschieden wirkt. Eine Stütze findet diese Ansicht darin, daß ein frisches, bis zur Durchsichtigkeit gedehntes Stück Kautschuk, mit der dichroskopischen Lupe betrachtet, Doppelbrechung zeigt.

**Schwefel.** *W. Spring* hat die Ausdehnung des aus Schwefelkohlenstoff krystallisierten wie des natürlichen Schwefels von Sicilien mittels eines Gewichtsthermometers bestimmt, bestehend aus einem kleinen, in eine Kapillarröhre endigenden Glasballon, der mit Wasser gefüllt war, das erwärmt wurde. Aus den Beobachtungen wurden durch Interpolation die nachstehenden Werthe für das Volumen  $v$ , den mittleren Ausdeh-

1) Journ. d. russ. phys. Ges. XIII. S. 246; auszugsweise in den Beibl. z. d. Ann. der Phys. und Chemie VI, S. 201.

2) Carl's Repertorium XVIII, S. 152, 206.

nungskoefficienten  $\beta$  zwischen  $0^\circ$  und  $t^\circ$  und das specifische Gewicht  $s$  berechnet <sup>1)</sup>:

Schwefel, aus Schwefelkohlenstoff krystallisiert.

| Temp. $t$ | $v$      | $\beta$   | $s$    |
|-----------|----------|-----------|--------|
| $0^\circ$ | 1,000000 | —         | 2,0477 |
| 20        | 1,004243 | 0,0002122 | 2,0370 |
| 40        | 1,009336 | 2334      | 2,0283 |
| 60        | 1,014632 | 2438      | 2,0182 |
| 80        | 1,023183 | 2895      | 2,0014 |
| 100       | 1,085408 | 0,0003541 | 1,9756 |

Schwefel aus Sicilien.

| $t$       | $v$       | $\beta$  | $s$    |
|-----------|-----------|----------|--------|
| $0^\circ$ | 1,0000000 | —        | 2,0788 |
| 20        | 1,0048616 | 0,000243 | 2,0688 |
| 40        | 1,0098893 | 247      | 2,0583 |
| 60        | 1,0150350 | 250      | 2,0479 |
| 80        | 1,0203378 | 254      | 2,0373 |
| 100       | 1,0260503 | 0,000260 | 2,0220 |

Selen und Tellur sind ebenfalls von Spring untersucht worden. Beide Stoffe wurden sowohl im krystallisierten Zustande, als auch gepulvert und hierauf durch einen Druck von 6000-Atmosphären verdichtet verwendet. Die Resultate sind folgende:

Selen krystallisiert.

| $t$       | $v$      | $\beta$   | $s$    |
|-----------|----------|-----------|--------|
| $0^\circ$ | 1,000000 | —         | 4,7312 |
| 20        | 1,002957 | 0,0001478 | 4,7176 |
| 40        | 1,006542 | 1635      | 4,7010 |
| 60        | 1,010461 | 1743      | 4,6826 |
| 80        | 1,014860 | 1857      | 4,6623 |
| 100       | 1,019813 | 0,0001981 | 4,6396 |

Selen, komprimiert.

| $t$       | $v$      | $\beta$   | $s$ |
|-----------|----------|-----------|-----|
| $0^\circ$ | 1,000000 | —         | —   |
| 20        | 1,002614 | 0,0001307 | —   |

1) Bulletin de l'Acad. Roy. de Belg. II, p. 83. Auszug in den Beibl. z. d. Ann. d. Phys. u. Chemie V, S. 853.

| t   | v        | $\beta$   | s |
|-----|----------|-----------|---|
| 40  | 1,006156 | 0,0001539 | — |
| 60  | 1,009867 | 1644      | — |
| 80  | 1,014422 | 1803      | — |
| 100 | 1,017510 | 0,0001751 | — |

## Tellur, krystallisiert.

| t              | v         | $\beta$   | s      |
|----------------|-----------|-----------|--------|
| 0 <sup>o</sup> | 1,0000000 | —         | 6,2322 |
| 20             | 1,0020647 | 0,0001032 | 6,2194 |
| 40             | 1,0044184 | 1104      | 6,2052 |
| 60             | 1,0067308 | 1121      | 6,1500 |
| 80             | 1,0089193 | 1120      | 6,1366 |
| 100            | 1,0110624 | 0,0001106 | 6,1640 |

## Tellur, komprimiert.

| t              | v         | $\beta$   | s      |
|----------------|-----------|-----------|--------|
| 0 <sup>o</sup> | 1,0000000 | —         | 6,2549 |
| 20             | 1,002082  | 0,0001041 | 6,2419 |
| 40             | 1,004075  | 1029      | 6,2294 |
| 60             | 1,006067  | 1011      | 6,2170 |
| 80             | 1,008360  | 1014      | 6,2030 |
| 100            | 1,010634  | 0,0001063 | 6,1891 |

An dieser Stelle gedenken wir ferner der Versuche, welche F. Ries und A. Winkelmann über die Volumenänderungen schmelzender Metalle angestellt haben.<sup>1)</sup> Es wurden im Ganzen 8 Metalle der Untersuchung unterworfen, nämlich Zinn, Zink, Wismuth, Antimon, Eisen, Kupfer, Blei und Cadmium. Bei den sechs erstgenannten zeigte es sich deutlich, daß der Uebergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustande mit einer Ausdehnung verbunden ist, daß also das Metall im festen Zustande ein kleineres specifisches Gewicht besitzt als bei derselben Temperatur im flüssigen Zustand.

Beim Zinn schwamm das feste Metall auf dem flüssigen, und zwar nicht bloß beim vorsichtigen Auslegen, sondern selbst nach dem Untertauchen stieg das feste Zinn rasch wieder an die Oberfläche empor und ragte über dieselbe heraus. Es gelang

1) Sitzungsber. der math.-phys. Klasse der Münchener Akad. 1881, S. 63.

auch, das Verhältniß zwischen den specifischen Gewichten des festen und flüssigen Zinnes gleich  $1 : 1,007$  festzustellen; das Zinn erleidet also beim Erstarren eine Ausdehnung, die ungefähr derjenigen gleichkommt, welche das feste Zinn beim Erwärmen von  $0^{\circ}$  auf  $100^{\circ}$  erfährt.

Zink zeigt dasselbe Verhalten wie Zinn, nur ist hier der Unterschied geringer, die specifischen Gewichte verhalten sich wie  $1 : 1,002$ .

Am leichtesten gelingt der Versuch bei Wismuth, indem das flüssige Metall um mehr als 3 Procent dichter ist als das feste.

Bei Antimon, Eisen und Kupfer gelingt der Versuch zwar ebenfalls, das feste Metall schwimmt auf dem geschmolzenen, eine bezüglich des Eisens den Hüttenleuten längst bekannte Thatsache; es ließen sich aber keine numerischen Angaben für die Dichten ermitteln.

Bei Blei und Cadmium blieben die Versuche ohne Entscheidung, doch glauben Ries und Winkelmann, daß auch bei ihnen der Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand mit einer Zusammenziehung verbunden ist.

In der Literatur finden sich ferner noch kurze Angaben, dahin lautend, daß auch Gold und Silber die gleiche Erscheinung zeigen, ohne daß indessen über die begründenden Experimente etwas näheres bekannt ist.

Gestützt auf ihre Experimente sehen die beiden Forscher in dem erwähnten Verhalten eine allgemeine Regel.

Ausdehnung des Quecksilbers und des Wassers.<sup>1)</sup> Im Jahre 1856 hat Miller die bis dahin bekannten besten Beobachtungen über die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme discutirt und unter Benutzung des Regnault'schen Werthes für den Ausdehnungs-Koefficienten des Quecksilbers reducirt. Seitdem sind nun nicht nur mehrfache neue Beobachtungen über die Ausdehnung des Quecksilbers angestellt worden, sondern es haben sich auch bei genauerer Berechnung der Regnault'schen Beobachtungen erheblich größere Werthe für die Ausdehnung des Quecksilbers zwischen  $0^{\circ}$  und  $100^{\circ}$  C. ergeben, als der von Regnault selbst gefundene  $0,018153$ .

1) Vgl. Paul Boltmann, Ann. der Physik u. Chemie. N. F. Bd. XIV, S. 260.

Bosscha fand dafür (1871) 0,018241, Wüllner (1874) 0,018253 und Levy<sup>1)</sup> 0,018207. Zu der in diesen Zahlen sich aus-  
 sprechenden Unsicherheit, die auf Verschiedenheit der Rechnungs-  
 methoden beruht, kommt aber noch eine andere, durch welche  
 die vorstehenden Zahlen um zwei Einheiten der fünften Deci-  
 male zweifelhaft werden. Regnault bediente sich nämlich zu  
 seinen Messungen zweier vertikalen Röhren, die mit Quecksilber  
 gefüllt waren und unten durch ein enges horizontales Rohr  
 mit einander kommunicierten; von den obern Enden beider Röh-  
 ren gingen ferner ein Paar enge Röhren horizontal aus, bis  
 sie nahezu zusammenstießen, die in ein Paar vertikale offene  
 Glasröhren endeten. Das Quecksilber reichte nun bis in die  
 letzteren. Die beiden Vertikalröhren wurden auf konstanten,  
 aber verschiedenen Temperaturen erhalten, so daß das Queck-  
 silber in ihnen verschiedene Dichten besaß; die Höhen der Queck-  
 silbersäulen verhalten sich dann umgekehrt wie die Dichten.  
 Regnault rechnet nun die Höhen von der untern horizontalen  
 Röhre aus, während Bosscha und die Späteren sie unter An-  
 nahme stattfindender Strömungen von der Achse der obern  
 Röhre rechnen.

Diese Unsicherheit der Bestimmung der Ausdehnung des  
 Quecksilbers überträgt sich auch auf die Bestimmung der Aus-  
 dehnung des Wassers nach der dilatometrischen Methode; ja  
 die Vergleichung der besten Beobachtungen der letzteren zeigt  
 noch größere Abweichungen, als durch die erstere Unsicherheit  
 bedingt ist. Deshalb schien es P. Volkman geboten, von  
 neuem in die Diskussion der bisher anerkannten Beobachtungen  
 der Ausdehnung des Wassers zu treten und bei Reduktion der  
 Beobachtungen den von Levy neu berechneten Ausdehnungs-  
 koeffizienten des Quecksilbers zu Grunde zu legen.

Zur Bestimmung der Ausdehnung des Wassers sind bis-  
 jetzt zwei Methoden angewandt worden, die hydrostatische und  
 die dilatometrische. Bei der ersteren wird ein Körper in Wasser  
 von verschiedenen Temperaturen gewogen; sein Gewichtsverlust  
 ist gleich dem Gewicht des verdrängten Wasservolumens. Häll-  
 ström (1824), Hagen (1855) und Matthießen (1866)

1) „Ueber die Ausdehnung des Quecksilbers.“ Inaug.-Diss.  
 Halle, 1881.

bedienten sich dieser Methode und wandten als Körper Glas an, dessen linearen Ausdehnungskoefficienten sie durch direkte Beobachtung bestimmten, worauf sie dann den kubischen durch Multiplikation mit 3 fanden. Gegen letztere Bestimmung hat zwar Regnault Einwendungen erhoben; doch hat sich Volkmann durch Beobachtungen überzeugt, daß wenn das Verfahren überhaupt fehlerhaft ist, der Fehler weit weniger beträgt, als Regnault sich vorstellt, und daß die Frage nach dem Zusammenhang zwischen dem linearen und dem kubischen Ausdehnungskoefficienten des Glases überhaupt nicht endgültig zu entscheiden ist, so lange man die Ausdehnung des Quecksilbers nicht mit größerer Sicherheit kennt.

Bei der zweiten Methode wird die scheinbare Ausdehnung des Wassers in thermometrischen Gefäßen, von Kopp Dilatometer genannt, bestimmt und daraus mit Hilfe der anderweit gemessenen Ausdehnung der Gefäße die wahre Ausdehnung des Wassers berechnet. Die Volumenbestimmung erfolgt dabei durch Auswägen mit Quecksilber.

Volkmann hat nun aus den Beobachtungen von Hagen und Matthiesen, und den dilatometrischen von Pierre (1845), Kopp (1847) und Jolly (1864) die folgenden Werthe für Volumen und Dichte des Wassers von der Temperatur  $t = 0^{\circ}$  bis  $t = 25^{\circ}$  C. berechnet:

| t  | Volumen  | Dichte   | t   | Volumen  | Dichte   |
|----|----------|----------|-----|----------|----------|
| 0° | 1,000122 | 0,999878 | 13° | 1,000570 | 0,999430 |
| 1  | 067      | 933      | 14  | 703      | 297      |
| 2  | 028      | 972      | 15  | 847      | 154      |
| 3  | 007      | 993      | 16  | 997      | 004      |
| 4  | 000      | 1,000000 | 17  | 1,001162 | 0,998839 |
| 5  | 008      | 0,999992 | 18  | 339      | 663      |
| 6  | 031      | 969      | 19  | 527      | 475      |
| 7  | 067      | 933      | 20  | 731      | 272      |
| 8  | 118      | 882      | 21  | 939      | 065      |
| 9  | 181      | 819      | 22  | 1,002156 | 0,997849 |
| 10 | 261      | 739      | 23  | 383      | 623      |
| 11 | 350      | 650      | 24  | 621      | 386      |
| 12 | 456      | 544      | 25  | 868      | 140      |

Für höhere Temperaturen giebt derselbe folgende Volumina an:

| t   | Volumen | t   | Volumen | t   | Volumen |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 25° | 1,00287 | 50° | 1,01197 | 80° | 1,02891 |
| 30  | 452     | 55  | 436     | 85  | 1,03225 |
| 35  | 586     | 60  | 694     | 90  | 574     |
| 40  | 770     | 65  | 967     | 95  | 941     |
| 45  | 970     | 70  | 1,02261 | 100 | 1,04323 |
|     |         | 75  | 572     |     |         |

Die größte Dichte des Wassers findet nach Volkmanns Angabe den besten Beobachtungen zufolge bei 3,94° C. statt.

Bei der guten Uebereinstimmung, welche die besten Beobachtungen unter sich zeigen, ist bei einer Wiederholung dieser Beobachtungen nach den bisherigen Methoden eine wesentliche Aenderung der gefundenen Zahlwerthe nicht zu erwarten, wenn auch diesen Zahlen in Folge der Nothwendigkeit, die Ausdehnung des Glases mit in Rechnung zu ziehen eine kleine Unsicherheit anhaftet. Zu einer neuen Untersuchung auf den bisherigen Wegen liegt daher kein Bedürfniß vor; dagegen wäre der Versuch nicht abzuweisen, auf dem von Regnault für die Ermittlung der absoluten Ausdehnung des Quecksilbers eingeschlagenen Wege, mittels communicirenden Röhren, die absolute Ausdehnung des Wassers zu beobachten.

Aus den von Pierre experimentell gewonnenen Resultaten, die Frankenheim von Grad zu Grad interpoliert hat, ist von Rülp für die Ausdehnung des Wassers die Formel ermittelt worden <sup>1)</sup>

$$v_t = v_0 (1 + \alpha t + \beta t^2),$$

in welcher  $v_0$  und  $v_t$  die Volumina des Wassers bei den Temperaturen 0° und  $t^\circ$  bedeuten.

$$\alpha = 0,000\,03619 \text{ und } \beta = 0,000\,004\,003 \text{ ist.}$$

Diese Formel giebt die Werthe für 0°, 50° und 100° genau wieder; zwischen 0° und 50° einerseits, 50° und 100° andererseits treten aber kleine Abweichungen entgegengesetzter Art auf, welche Rülp durch Einführung zweier Sinusglieder zu entfernen sucht, so daß die Formel dann lautet

$$v_t = v_0 \left( 1 + \alpha t + \beta t^2 - \gamma \sin \frac{90^\circ t}{25} - \frac{1}{4} \gamma \sin \frac{180^\circ t}{25} \right)$$

Hier ist  $\gamma = 0,00073$ .

1) Carl's Repertorium XVIII, S. 46.

## Thermometrie.

Bestimmung der Fixpunkte von Quecksilberthermometern und Veränderungen derselben. In einer im Auftrage des internationalen Comités für Maß und Gewicht veröffentlichten Arbeit <sup>1)</sup> macht J. Bernet darauf aufmerksam, daß im Interesse einer einheitlichen Thermometerskala sowohl der Eispunkt als namentlich auch der Siedepunkt stets auf den atmosphärischen Normaldruck von 760 mm bezogen werden sollte, d. h. auf den absoluten Druck einer Quecksilbersäule von der normalen Dichte = 13,59393, der Temperatur von 0° und einer Höhe von 760 wahren Millimetern unter 45° nördlicher Breite im Niveau des Meeres.

Für die Bestimmung des Eispunktes liefern reiner Schnee und reines, geschabtes natürliches Eis, mit wenig destilliertem Wasser gemengt, bis auf wenige Tausendtelgrade dasselbe Resultat wie Eis, das aus destilliertem, möglichst luftfreiem Wasser hergestellt ist und unter Luftabschluß schmilzt. Bei ablaufendem Schmelzwasser sind die Abweichungen größer und es können dieselben nach Versuchen, die Marek mit künstlichem Eis angestellt hat, bis auf 0,1° C. steigen.

Um den Bestimmungen des Siedepunktes die wünschenswerthe Genauigkeit zu ertheilen, sollte die Dampfspannung an einem Wassermanometer gemessen werden, welches direkt mit dem Dampfkessel, und nicht nur mit dem äußern Dampfmantel, innerhalb dessen das Thermometer sich befindet, in Verbindung gesetzt wird. Korrekturen wegen hervorragender Fäden können gänzlich vermieden werden, wenn man die Thermometer nur soweit aus dem innern Dampfraum hervorragen läßt, als zur Ableseung durch den äußern, aus Glas bestehenden Dampfmantel hindurch erforderlich ist. Bernet hat in Gemeinschaft mit Marek einen Siedepunktapparat konstruiert, welcher sehr gute Resultate liefert, wenn anders Glaswandung und Ther-

1) Travaux et Mém. du Bureau internat. des poids et mesures. I. Paris 1881; Auszug in den Beibl. z. d. Ann. der Physik u. Chemie V, S. 727. Vergl. auch den von Bernet für den meteorologischen Kongreß in Rom erstatteten Bericht: Ueber die Bestimmung der Fixpunkte der Quecksilbernormalthermometer u. die Messung der Temperaturen. Leipzig 1879.



meter durch Alkalien von jeder Spur von Fett befreit worden sind.

Was nun die Veränderlichkeit der Fixpunkte <sup>1)</sup> anlangt, so macht Bernet darauf aufmerksam, daß das im Laufe der Zeit erfolgende langsame Aufsteigen dieser Punkte wesentlich beschleunigt wird durch Erwärmung des Thermometers auf höhere Temperaturen, besonders aber durch langsames Abkühlen. Wenn man die Thermometer nur Temperaturen unter  $100^{\circ}$  aussetzt, so steigt der Eispunkt bei Instrumenten aus thüringer Glas im Mittel um ungefähr  $\frac{1}{2}^{\circ}$  C., der nach längerer Ruhe beobachtete Siedepunkt aber nur um  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{3}$  dieses Betrages. Bei Thermometern aus französischem Krystallglase sind die Bewegungen der Fixpunkte bedeutend geringer und langsamer, weshalb sich dieses Glas besser zur Anfertigung von Thermometern eignen dürfte.

Bei alten, oft gebrauchten Thermometern hat eine Erwärmung auf  $100^{\circ}$  eine zeitweilige Erniedrigung sowohl des Eispunktes als des Gefrierpunktes zur Folge. Bei einer Anzahl unmittelbar auf einander folgender Bestimmungen konvergieren beide Punkte sehr rasch gegen eine untere Grenze. Der Abstand der deprimierten Fixpunkte ist innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler konstant und scheint auch so zu bleiben im Laufe der Zeit, wenn Temperaturen über  $100^{\circ}$  vermieden werden. Bernet findet es daher zweckmäßiger, als Fundamentalabstand die Distanz der deprimierten Fixpunkte anzunehmen, statt wie es oft geschieht, den Abstand der nach längerer Ruhezeit bestimmten Punkte. Dieser letztere verändert sich nämlich allmählich um mehrerer Zehntelgrade.

Der Eispunkt wird nach längerer Ruhe auch durch Erwärmung auf weniger als  $100^{\circ}$  zeitweilig erniedrigt; der Betrag dieser Erniedrigung hängt außer von der Temperatur besonders auch von der Zeitdauer der Erwärmung ab. Die Geschwindigkeit des Sinkens des Eispunktes nimmt mit der Temperatur rasch zu; die Rückkehr erfolgt viel langsamer, läßt sich aber durch langsames Abkühlen außerordentlich beschleunigen. Die Erniedrigungen des Eispunktes nach langer Ruhe,

1) Vergl. auch Bernet, „Ueber die Abhängigkeit der Nullpunktdepressionen der Normalthermometer von der Temperatur“ in Carl's Repertorium IX.

die durch lange anhaltende Erwärmung auf höchstens  $100^{\circ}$  erzeugt werden, sind mit großer Annäherung proportional dem Quadrate der Temperatur. Wenn also  $e_0$  den nach langer Ruhe bestimmten Eispunkt,  $e_t$  den nach längerer Erwärmung auf  $t^{\circ}$  beobachteten und  $e_{100}$  den unmittelbar nach der Siedepunktsbestimmung gefundenen bedeuten, so verhält sich mit großer Annäherung

$$e_0 - e_t : e_0 - e_{100} = t^2 : 100^2.$$

Wenn der Eispunkt vor den Messungen zwar durch frühere Erwärmungen noch theilweise deprimiert, jedoch nur noch im langsamen Aufsteigen begriffen ist, so verhält er sich ähnlich wie der Eispunkt nach langer Ruhe. Es hängen überhaupt die Depressionen wesentlich ab von dem Wege, auf welchem der Eispunkt auf seinen jeweiligen Stand gelangt ist. Außerdem ist der Verlauf der Variationen des Eispunktes um so regelmäßiger, je älter die Thermometer und je mehr Temperaturschwankungen dieselben ausgesetzt worden sind. Es ist dieses Verhalten vollständig analog demjenigen, welches G. Wiedemann an Drähten beobachtet hat die einer Torsion ausgesetzt worden sind.

Bezüglich der weiteren Resultate, namentlich des von Perinet angegebenen Verfahrens, aus den Ableesungen an Quecksilberthermometern die Temperatur so abzuleiten, daß der Einfluß der Veränderungen der Fixpunkte möglichst beseitigt wird, müssen wir auf die bereits citierte Arbeit desselben verweisen.

H. F. Wiebe<sup>1)</sup> hat bei drei Thermometern, die keinen Temperaturen über  $100^{\circ}$  ausgesetzt worden waren, den Abstand der Fundamentalepunkte im Laufe mehrerer Jahre konstant gefunden, obgleich sowohl der Siedepunkt als auch der gleich darauf bestimmte Gefrierpunkt gestiegen waren. Eine 70, beziehentlich 140 Stunden andauernde Erwärmung auf  $100^{\circ}$  und darauffolgende langsame Abkühlung hob bei einem Fues'schen und 8 Geißler'schen Thermometern beide Fundamentalepunkte, ließ aber ihren Abstand ungeändert.

Wiebe hat auch den Einfluß höherer Temperaturen untersucht und zu dem Zwecke die Thermometer auf  $150^{\circ}$ ,  $200^{\circ}$ ,  $230^{\circ}$ ,  $300^{\circ}$  und  $360^{\circ}$  erwärmt, worauf sie meist langsam

1) Thermometrische Untersuchungen, herausgeg. von W. Förster, Direktor der Kaiserl. Normal-Michungskommission. Berlin 1881.

abgekühlt wurden. Es ergab sich dabei eine Vergrößerung des Fundamentalabstandes, und also eine Verminderung des mittleren Ausdehnungskoefficienten des Glases um 2 Procent.<sup>1)</sup> Bei rascher Abkühlung ist die Abnahme geringer als bei langsamer.

Als Ursache dieser Veränderung betrachtet Wiebe nächst dem Verschwinden der von der Anfertigung herrührenden Depression noch eine von ihm beobachtete Gasabscheidung, die seiner Vermuthung nach wahrscheinlich von Gaseinschlüssen herrührt, welche bei hohen Temperaturen aus dem alsdann weich werdenden Glase entweichen, analog den Erscheinungen, die von Anderen an Metallen gemacht worden sind.

Ueber die durch äußeren Druck verursachten Fehler der Thermometer, und zwar speciell der Tieffeethermometer, hat Prof. Tait eine Reihe von Versuchen angestellt.<sup>2)</sup> Er ward dazu veranlaßt durch Sir Wyville Thomson, den wissenschaftlichen Chef der Challenger-Expedition (vgl. dieses Jahrb. XIII, S. 217), dem der Kapitän J. E. Davis auf Grund von Versuchen, die er unter Mitwirkung des inzwischen verstorbenen Professor A. Allen Miller angestellt, eine Korrektion von mindesten  $1/2^{\circ}$  Fahrenheit für jede (engl.) Meile Tiefe als nothwendig bezeichnet hatte.<sup>3)</sup> Die Nothwendigkeit einer so großen Korrektion schien Tait sehr unwahrscheinlich, es galt daher die Davis'schen Versuche zu wiederholen. Ohne auf die sehr interessanten Auseinandersetzungen, die Tait a. a. O. giebt, einzugehen, sei nur erwähnt, daß derselbe die Challenger-Thermometer in einer hydraulischen Presse sehr hohen Drucken aussetzte und dabei in der That bei einem Druck von 3 Tonnen auf den Quadratzoll eine Temperaturerhöhung von  $1,5^{\circ}$  F. im Mittel an den eingeschlossenen Thermometern beobachtete. Dieser höhere Stand der Thermometer hängt aber nicht unmittelbar, sondern nur mittelbar von dem Druck ab, er ist nämlich größtentheils eine Folge der Umsezung von Druck in Wärme. Da dieser Umstand bei Tieffeemessungen nicht in Betracht kommt,

1) Ein ähnliches Ergebnis erhielt Crafts, vergl. Comptes rendus, Vol. 91, p. 291, 370, 400.

2) Vgl. den Bericht von Tait in Nature XXV, p. 90. 127, eine Abkürzung der Darstellung in den Reports of the voyage of H. M. S. Challenger.

3) On Deep-Sea Thermometers (Proceedings of the Meteorological Society, April 1871).

so bleibt für den direkten Einfluß des Druckes nach Tait höchstens eine Korrektion von  $0,14^{\circ}$  Fahrenheit für die (engl.) Meile übrig.

Quecksilber=Maximum= und Minimum=Thermometer von Spitta.<sup>1)</sup> Dieses von R. S. C. Wilson, 12 Wilsonstreet London, W. C., gefertigte Thermometer soll das Maximum und das Minimum der Temperatur durch unmittelbare Einwirkung des Quecksilbers auf ein Paar Stahlstifte registrieren. Das Quecksilbergefaß besteht aus zwei gleichgroßen, äußerst dünnwandigen parallelen Cylindern A A von etwa 13 mm Durchmesser, die durch ein etwas stärkeres Rohr unten verbunden sind, welches zugleich zur Befestigung des untern Theils des Instrumentes dient. Das Kapillarrohr, welches von dem rechtsliegenden Behälter A aufsteigt, ist zweimal gebogen und besteht aus einem von dem erwähnten Schenkel aufsteigenden Schenkel a, einem fast gleich langen (oberhalb des links liegenden Gefäßes A) absteigenden b und einem ebenso langen aufsteigenden Schenkel c, welcher oben eine Erweiterung d besitzt. Bei mittlerer Zimmertemperatur reicht das Quecksilber aus A bis etwa in  $\frac{1}{4}$  der Höhe von a; der obere Theil von a und von b ist mit Alkohol gefüllt; der untere Theil von b und von c enthält wieder Quecksilber, während der obere Theil von c und ein Theil der Erweiterung d mit Alkohol gefüllt ist, über welchem noch ein kleines Luftvolumen steht. Das Maximum der Temperatur wird angezeigt durch einen Stahlindikator, den das aufsteigende Quecksilber in a vor sich herschiebt, das Minimum durch einen ebensolchen Indikator in b. Die Skala an a geht daher von unten nach oben, die an b umgekehrt von oben nach unten. Der Schenkel c dient zur Kompensation und als Kontrolle für die richtige Wirksamkeit des Instrumentes.

Auf Grund einer sorgfältigen Prüfung, die am Königlichen Observatorium in Kew vorgenommen worden, giebt Whipple an, daß die Wirksamkeit des Instrumentes im höchsten Grade zufriedenstellend sei. „Die Anwendung eines Gegendruckschenkels scheint seinem Zwecke vollständig zu entsprechen. Das Instrument setzt die Meteorologen in den Stand,

1) Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Jan. 1882, S. 28.

niedrige Temperaturen mit größerer Genauigkeit zu registrieren, als dies in Folge der Flüchtigkeit des Alkohols und der langsamen Wirksamkeit desselben bei einem gewöhnlichen Six-Thermometer oder dem Alkohol-Minimum-Thermometer von Rutherford möglich ist. Die besonders große Oberfläche, welche dem Quecksilbergefaß gegeben ist, bewirkt, daß das Instrument Temperaturänderungen fast mit derselben Schnelligkeit anzeigt wie ein gewöhnliches Normalthermometer.

Maximum- und Minimum-Thermometer von G. Greiner u. Comp. in München.<sup>1)</sup> Das Maximumthermometer ist mit Quecksilber gefüllt und hat ein flaches cylindrisches Gefäß; als Index dient ein Stahlstiftchen, das in einem dünnen, an beiden Enden zugeschmolzenen Glasröhrchen eingeschlossen ist. Um die Adhäsion des Index und des Quecksilberfadens zu verhüten, ist zwischen beiden noch ein kurzes Glasstiftchen eingeschaltet. Ähnlich wie beim Six'schen Maximum- und Minimum-Thermometer sind an dem Index feine Glasfäden befestigt, die sein Heruntergleiten in der Röhre verhüten. Auf diese Weise wird der Index von dem steigenden Quecksilber vorwärts geschoben und an der höchsten erreichten Stelle durch die Glasfäden festgehalten. Um das Instrument für eine neue Beobachtung einzustellen, wird der Index durch langsames und vorsichtiges Herabstreichen mit einem Magneten an der Seite der Thermometerrohre bis auf das auf dem Quecksilber aufsitzende Glasstäbchen herabgezogen.

Beim Minimumthermometer schwimmt ein ganz gleicher Index in Weingeist und wird von der sich zurückziehenden Oberfläche abwärts geschoben, worauf er an der tiefsten Stelle stehen bleibt. Die Neueinstellung erfolgt ebenfalls mit Hilfe des kleinen Magneten.

Beide Instrumente hängen vertikal, worin ein wesentlicher Vorzug vor den sonst üblichen Maximum- und Minimumthermometern liegt.

Thermoelektrischer Apparat von Siemens und Halske zur Messung von Temperaturen bis zu ungefähr 600° C.<sup>1)</sup> Dieser Apparat besteht aus einem oder aus mehreren Thermoelementen, einem Spiegelgalvanometer,

1) Zeitschr. f. Instrumentenkunde, April 1882, S. 134.

2) Elektrotechn. Ztschr. II, S. 26.

den Leitungen, einem Kästchen mit Widerstandsrollen und dem Stöpselumschalter. Als Thermoelement dient eine eiserne Röhre, von der das eine Ende mit Eisen verschlossen und mit einem inwendig befindlichen Neusilberdraht hart verlöthet ist; das andere Ende, das Kopfende, hat einen Holzaufsatz mit 2 Klemmen, von denen die eine mit der Röhre, die andere mit dem Neusilberdraht verbunden ist. Röhre und Draht sind durch Thonröhrchen isoliert. Solche Elemente werden an den Stellen, deren Temperatur zu messen ist, aufgestellt, so daß die Löthstellen der Hitze ausgesetzt sind. An der Beobachtungsstation, die ziemlich entfernt sein kann, befindet sich das Spiegelgalvanometer *z.* Die Ausschläge des Galvanometers entsprechen nicht den Temperaturen an den Löthstellen, sondern den Differenzen zwischen diesen und den Temperaturen an den Kopfenden der Thermoelemente; letztere müssen durch gewöhnliche Thermometer gemessen werden. Hat man die Differenzen der Temperaturen an einer Anzahl von Punkten zu messen und sind dabei die Temperaturen an den Kopfenden der Thermoelemente ungefähr gleich hoch, so braucht man die letzteren nicht in Rechnung zu ziehen, sondern kann je zwei Thermoelemente in die Leitung einschalten, und erhält dann am Galvanometer den ihrer Temperaturdifferenz entsprechenden Ausschlag.

Um die Temperaturen in einem der gebräuchlichen Maße, *z.* B. in Graden Celsius zu erhalten, müssen einige Normalversuche angestellt werden, indem eine Löthstelle in siedendes Wasser, beziehentlich schmelzendes Blei gebracht wird. Aus den erhaltenen Ausschlägen läßt sich dann eine Tabelle berechnen, aus der man den zu jedem Ausschlag gehörigen Temperaturgrad ablesen kann. Für Zwecke der Technik ist es aber häufig gleichgültig, nach welchem Maße die Angaben erfolgen; dann kann man die Normalversuche ganz entbehren und wählt als Einheit einen Theilstrich der Galvanometerskala.

Zur Messung von Temperaturen an einer entlegenen Station dient auch ein von Horace T. Brown angegebene elektrisches Thermometer.<sup>1)</sup> Dasselbe besteht aus einem Quecksilberthermometer mit großem Gefäß und großen Theilen, an welchem zum Registriren der Temperatur eine Ein-

1) Nature XXIII, p. 464.

richtung angebracht ist, die man früher schon bei Alarmthermometern benutzt hat. Das Quecksilbergefäß ist nämlich durch einen Leitungsdraht mit dem einen Pol einer Batterie von einem oder zwei Leclanché-Elementen verbunden, deren anderer Pol zur Erde abgeleitet ist. Ferner sind in die Thermometerröhre zwischen  $30^{\circ}$  und  $120^{\circ}$  Fahrenheit in Intervallen von je  $30^{\circ}$  Drähte eingeschmolzen, die nach Klemmen gehen, in denen Leitungsdrähte befestigt sind, welche nach der Erde führen. Wenn nun die Quecksilbersäule im Thermometer bis zu einem bestimmten der eingeschmolzenen Drahtstücke reicht, so ist in allen den entsprechenden Leitungsdrähten der Strom geschlossen, und wenn man ein Galvanometer oder eine elektrische Klingel in einen solchen Leitungsdraht einschaltet, so erhält man einen Ausschlag oder ein Signal. Die Leitungsdrähte, welche höheren Thermometerständen entsprechen sind dagegen stromfrei.

Damit aber nur ein einziger Leitungsdraht nach der Beobachtungsstelle nöthig ist, stellt Brown bei dem Thermometer einen von Tasler und Söhne in Sheffield konstruirten Absender auf, der aus einer Ebonitscheibe besteht, durch welche Platinstifte gehen, die mit den vom Thermometer kommenden Leitungsdrähten verbunden sind. Die obern Enden dieser Stifte liegen im Niveau der Fläche der Ebonitscheibe, über welche ein metallischer Kontakt gleitet, der sich am einem Arme befindet, welche durch ein Uhrwerk in Rotation versetzt wird. Von diesem Kontakt aus geht ein einfacher Leitungsdraht nach der Beobachtungsstation, wo eine Signalglocke in ihn eingeschaltet ist. Man bemerkt leicht, daß die Anzahl der Signale, welche man erhält, nachdem das Uhrwerk ausgelöst worden ist, den Stand des Quecksilbers im Thermometer angiebt. Die Unsicherheit ist dabei gleich dem Abstände zweier Drähte an der Thermometerröhre. Die Auslösung des Uhrwerks im Absender erfolgt von der Beobachtungsstation aus auf elektrischem Wege.

Einen Thermographen zum Registriren der Lufttemperatur, um deren häufige und unregelmäßige Schwankungen genau verfolgen zu können, hat G. Morgan Eldridge auf der Versammlung des Franklin Instituts am 26. April 1882 beschrieben.<sup>1)</sup>

1) Nature XXVI, p. 163.

Haupttheile dieses Apparates sind 1) ein Quecksilberthermometer von gewöhnlicher Form, nur oben offen; das Quecksilbergefäß ist durch einen Draht mit dem einen Pol einer Batterie verbunden, der andere Pol steht mit dem Mechanismus in leitender Verbindung.

2) Ein aufrechtstehender Cylinder, der durch ein Uhrwerk in gleichförmige Rotation um seine vertikale Achse versetzt wird. Er ist mit Papier überzogen, welches durch vertikale Linien in 24 gleiche Theile, den Stunden entsprechend, getheilt ist, während die Temperaturgrade durch horizontale Linien bezeichnet werden.

3) Eine vertikale Zahnstange, die durch einen vom Uhrwerk getriebenen Mechanismus auf und ab bewegt wird und an ihren untern Ende eine Nadel trägt, die in die Thermometerrohre eindringt. Im Moment, wo diese Nadel das Quecksilber berührt geht ein Strom durch sie, eine seitlich angebrachte Spitze wird durch einen kleinen Elektromagnet vorwärts getrieben und macht eine der Höhe der Quecksilbersäule entsprechende Marke auf der Papierhülle des Cylinders. Die Zahnstange steigt dann ungefähr  $\frac{1}{2}$  Zoll empor, um abermals niederwärts zu gehen und das Spiel von neuem zu beginnen. Bezüglich der nähern Beschreibung des Mechanismus und der ganzen Anordnung sei auf die oben angeführte Quelle verwiesen.

Der Thermograph von Adams, ursprünglich zur Messung von Temperaturschwankungen im menschlichen Körper bestimmt, macht von dem Princip Anwendung, dessen sich Edison bei seinem ersten Telephon bediente (vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 96). Derselbe besteht zunächst aus einem Metallthermometer, gebildet aus einer Spiralfeder aus zwei auf einander gelötheten Metallstreifen, außen Messing, innen Stahl. Das eine Ende dieser Feder ist mit einem Platinstöpsel verbunden, der sich in einem Gummirohr befindet, welches mit einer Mischung von Graphitpulver, Gasohle und Silberstaub gefüllt ist. Dehnt sich nun in Folge eines Temperaturwechsels die Feder aus oder zieht sie sich zusammen, so ändert sich der Druck des Platinstöpsels auf das erwähnte Gemisch, und ein durch dasselbe gehender elektrischer Strom findet dem entsprechend bald größern, bald geringeren Widerstand. Dieser Strom geht



nun durch einen elektromagnetischen Registrierapparat, welcher die den Temperaturänderungen entsprechenden Kurven aufzeichnet.

Marey wendet zur Bestimmung der animalischen Temperatur ein Thermometer an, welches einen cylindrischen Kupferbehälter als wesentlichen Theil enthält; dieser ist mit Del gefüllt und steht durch ein Kapillarrohr mit einer Bourdon'schen (kreisförmig gebogenen) Röhre in Verbindung. Durch die Ausdehnung und Zusammenziehung des Deles wird nun die Krümmung dieser Röhre geändert und diese Aenderungen werden in geeigneter Weise aufgezeichnet.<sup>1)</sup>

Thalpotasimeter nennt A. Seyferth ein von ihm erfundenes Thermometer, bei welchem die zu ermittelnde Temperatur durch die Uebertragung der Spannung gewisser Dämpfe gemessen wird. Die Grundlage für die Konstruktion dieses Instruments bilden Regnault's Untersuchungen über die Spannung der Dämpfe bei verschiedenen Temperaturen. In dem Gefäß, a, (Fig. 30) befindet sich die Flüssigkeit, durch deren Dampfspannung die Temperatur bestimmt werden soll, und zwar werden für die verschiedenen Temperaturdifferenzen verschiedene Flüssigkeiten gewählt, z. B.

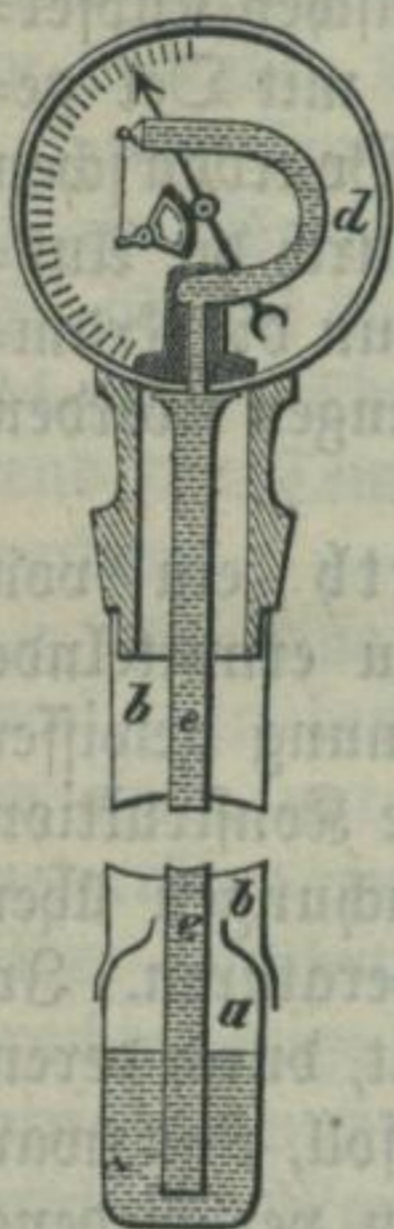
|                                               |   |        |     |   |       |      |
|-----------------------------------------------|---|--------|-----|---|-------|------|
| Flüssige Kohlenäure für Temperaturen zwischen | — | 65°    | bis | + | 12,5° | ° C. |
| Schwefelsäure-Anhydrid für                    | = | 10°    | =   | + | 100°  | =    |
| Wasserfreier Aethyläther                      | = | + 35°  | =   | + | 120°  | =    |
| Destillirtes Wasser                           | = | + 100° | =   | + | 226°  | =    |
| Schweres, bei 210° siedendes Petroleumöl      | = | + 116° | =   | + | 360°  | =    |
| Quecksilber für Temperaturen zwischen         |   | + 357° | =   | + | 760°  | =    |

Das Gefäß ist nicht ganz mit der Flüssigkeit gefüllt und in dasselbe ragt ein engeres Rohr e bis nahezu auf den Boden hinab. Dieses kommuniziert direkt mit der Bourdonfeder d. Letztere sowie das Steigerrohr sind ebenfalls ganz mit der zur Anwendung kommenden Flüssigkeit gefüllt; daher wird die Feder bei der Einwirkung einer Wärmequelle auf das untere Gefäß entsprechend der Dampfspannung gekrümmt. Diese Krümmung giebt aber nach den Regnault'schen Untersuchungen auch ein Maß für die von Dampf angenommene Temperatur. Erfolgte daher die Theilung der Skala, über welcher der von der Feder in Bewegung gesetzte Zeiger spielt, nach den Zahlwerthen der Regnault'schen Tabellen, so kann man die Temperaturen di-

1) Comptes rendus Vol. 92, p. 1441.

rekt ablesen. Das Instrument ist noch mit einem Schutzrohre *b* versehen.

Fig. 30.



Man rühmt ihm Dauerhaftigkeit, Zuverlässigkeit der Angaben, Möglichkeit der Anwendung in jeder Lage und eine voraussichtliche Unveränderlichkeit auf größere Zeiträume nach; doch erregt in letzterer Hinsicht die Bourdonfeder Bedenken, da bekanntlich alle Manometerfedern nicht auf längere Zeit in ihren Eigenschaften konstant bleiben. Der Apparat gestattet Temperaturmessungen bis  $760^{\circ}$ . Klinkhammer in Braunschweig hat sich denselben patentieren lassen.

Das Luftthermometer, welches D. Pettersson ursprünglich in Gemeinschaft mit Dr. Geißler konstruieren wollte und das er nach dem Tode des letzteren mit dessen Nachfolger Fr. Müller ausgeführt hat, beruht auf dem Princip der Ableseung eines Luftvolumens bei konstantem Druck. Dasselbe soll einerseits eine scharfe und genaue Ableseung innerhalb enger Temperaturgrenzen gestatten, andernteils aber auch eine ziemlich bedeutende Temperaturskala umfassen. Eine besondere Eigenthümlichkeit desselben besteht darin, daß dasselbe den Schwankungen des äußeren Luftdruckes entzogen ist, wodurch die Berechnung der Resultate wesentlich erleichtert wird.

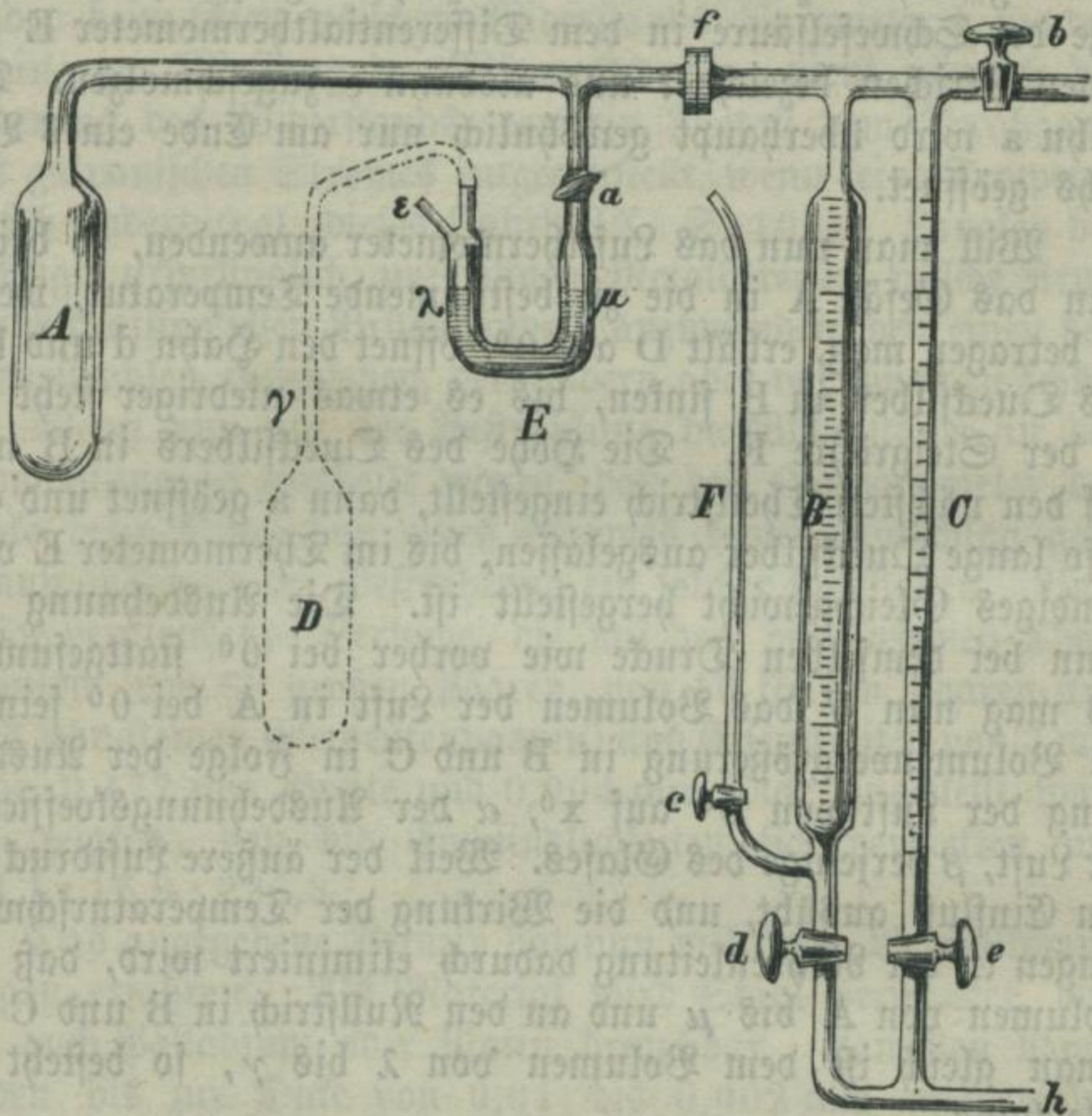
In Fig. 31 ist die Einrichtung dieses Thermometers schematisch dargestellt; bezüglich des wirklichen Aussehens muß auf die Originalabhandlung von Pettersson <sup>1)</sup> verwiesen werden.

A ist ein Glasbehälter, der bei  $0^{\circ}$  C. 122,7936 ccm faßt, B und C sind graduierte Meßgefäße, die von einem mit Wasser gefüllten Glasmantel umgeben sind, durch welches die Temperatur beständig auf  $15^{\circ}$  erhalten wird; B faßt ungefähr 60 ccm, C 12 ccm. Die größeren Theilstriche der Skalen, welche Kubikcentimeter angeben, stehen bei C um ungefähr 5 cm von einander entfernt; jeder solche Skalentheil ist in C noch in 20 Theile getheilt. Durch die Röhre h kann man beide Meßröhren, C und D, aus einem beweglichen Reservoir beliebig mit Quecksilber füllen, E ist ein Differentialthermometer, wel-

1) Journal, f. prakt. Chemie. N. F. Bd. 25, S. 102.

ches zur Erhaltung des konstanten Druckes einige Tropfen Schwefelsäure enthält und durch den Hahn a mit dem Luftthermometer in Verbindung steht, während es andererseits mit einem Reservoir D von derselben Größe wie A verbunden ist, welches während des Versuches auf der Temperatur von 0° erhalten wird. Die Röhrenleitungen sind eng, indessen nicht

Fig. 31.



kapillar. Durch den Hahn b wird das Thermometer mit trockener Luft gefüllt.

Petersson empfiehlt als zweckmäßig das Ablesen nach dem scharfen Rande des Quecksilbers an der Glaswand, und ebenso soll man das Quecksilberniveau in der Röhre B niemals zwischen zwei Theilstrichen ablesen, sondern immer scharf auf einen Theilstrich einstellen, was mit großer Genauigkeit möglich ist.

Um zunächst den Nullpunkt festzustellen, werden A und D

mit reinem Schnee und destilliertem Wasser umgeben, während diese Behälter mit der äußern Luft communicieren, und zwar D durch eine feine Spitze  $\varepsilon$ . Wie schon erwähnt, werden die Röhren B und C auf  $15^{\circ}$  gehalten, und das Quecksilberniveau wird, je nachdem man hohe oder niedrige Temperaturen messen will, auf einen bestimmten Strich in B und C eingestellt; Pettersson hat z. B. in seinem Apparat in B den Strich 15 cem, in C 1 cem gewählt. Hierauf wird der Hahn a geöffnet, die Ruhelage der Schwefelsäure in dem Differentialthermometer E mit feinen Strichen bezeichnet und alsdann  $\varepsilon$  zugeschmolzen. Der Hahn a wird überhaupt gewöhnlich nur am Ende eines Versuchs geöffnet.

Will man nun das Luftthermometer anwenden, so bringt man das Gefäß A in die zu bestimmende Temperatur, welche  $x^{\circ}$  betragen mag, erhält D auf  $0^{\circ}$ , öffnet den Hahn d und läßt das Quecksilber in B sinken, bis es etwas niedriger steht als in der Steigröhre F. Die Höhe des Quecksilbers in B wird auf den nächsten Theilstrich eingestellt, dann a geöffnet und aus C so lange Quecksilber ausgelassen, bis im Thermometer E vollständiges Gleichgewicht hergestellt ist. Die Ausdehnung hat dann bei demselben Drucke wie vorher bei  $0^{\circ}$  stattgefunden. Es mag nun  $V$  das Volumen der Luft in A bei  $0^{\circ}$  sein,  $v$  die Volumenvergrößerung in B und C in Folge der Ausdehnung der Luft von  $0^{\circ}$  auf  $x^{\circ}$ ,  $\alpha$  der Ausdehnungskoeffizient der Luft,  $\beta$  derjenige des Glases. Weil der äußere Luftdruck keinen Einfluß ausübt, und die Wirkung der Temperaturschwankungen in der Röhrenleitung dadurch eliminiert wird, daß das Volumen von  $\lambda$  bis  $\mu$  und an den Nullstrich in B und C fast genau gleich ist dem Volumen von  $\lambda$  bis  $\gamma$ , so besteht die Gleichung

$$V = V \frac{1 + \beta x}{1 + \alpha x} + \frac{v}{1 + 15\alpha},$$

aus welcher sich  $x$  berechnen läßt. Bezeichnet man mit  $k$  die konstante Größe

$$V (\alpha - \beta) (1 + 15\alpha) = k,$$

so ist

$$x = \frac{1}{k/v - \alpha}.$$

Bolometer („Strahlenmesser“) nennt der Erfinder, Professor S. P. Langley von der Alleghany-Universität, ein Instrument, welches statt des Thermomultiplikators zur Messung der Intensität strahlender Wärme benutzt werden kann, aber „tausendmal empfindlicher als dieser“ ist und noch „Temperaturänderungen von der Größe von  $\frac{1}{100000}$  eines Centesimalgrades anzeigt.“<sup>1)</sup> Die Idee, welche diesem Instrument, das auch als „aktinische Wage“ bezeichnet wird, zu Grunde liegt, stimmt mit der beim Siemens'schen Widerstands-Pyrometer benutzten überein; zur Messung der Wärmeänderung dient nämlich die Aenderung des Widerstands, den ein Metall dem Durchgang eines galvanischen Stromes entgegenstellt, wenn seine Temperatur sich ändert (vgl. dieses Jahrb. IX, S. 108). Langley beabsichtigte ursprünglich, zwei dünne Metallstreifen, welche Arme einer Wheatston'schen Brücke bilden, anzuwenden, den einen den Wärmestrahlen auszusetzen, den andern aber vor ihnen zu schützen. Wenn nun vor der Bestrahlung die Widerstände in der Stromleitung so vertheilt waren, daß das Galvanometer der Brücke beim Durchgang eines Stromes keinen Ausschlag gab, so muß während der Bestrahlung ein solcher stattfinden. Vorläufige vergleichende Versuche, die mit drei verschiedenen Thermosäulen (von 63 großen Paaren, von 16 kleinen Paaren und von 7 sehr kleinen Elementenpaaren) und Eisenstreifen von 7 mm Länge, 0,177 mm Breite und 0,004 mm Dicke angestellt wurden, zeigten, daß die Empfindlichkeiten sich verhielten wie 1 : 4,1 : 16,3 : 226,3.

Das angegebene Prinzip hat nun mehrfache Bervollkommnungen erfahren. Als Material wird Stahl verwendet, doch sind auch Palladium oder Platin brauchbar. Lamellen davon werden bis zur Dicke von 0,01 bis 0,002 mm ausgewalzt, und aus diesen Blättern werden dann kleine Gitter ausgeschnitten oder geschlagen, deren Stäbe ungefähr 1 mm breit und 1 cm lang sind. Es werden nun zwei Gitter so angeordnet, daß der Strom einer galvanischen Batterie zur Hälfte durch das eine, zur Hälfte durch das andere geht. Ein Galvanometer, das von beiden Stromhälften in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen wird, giebt dann bei gleicher Stärke

1) Nature XXV, p. 14.

der Stromhälften keinen Ausschlag. Was die Anordnung der Gitter betrifft, so befinden sie sich zwischen zwei Ebonitscheiben von 3 cm Durchmesser, von denen die vordere in der Mitte einen rechteckigen Ausschnitt hat. Hinter diesem steht das eine, den Wärmestrahlen auszusetzende Gitter M, welches aus 15 Streifen, 8 vorn und 7 ein wenig dahinter liegenden, besteht. Das andere Gitter ist in zwei Hälften N und N' getheilt, die links und rechts von M angeordnet sind; jede Hälfte besteht aus 7 Streifen, 4 vorn und 3 dahinter. Durch Einschaltung eines kurzen Drahtstückes ist der Widerstand von N und N' dem von M gleichgemacht. M wird nun in den einen, NN' in den andern Arm einer Wheatston'schen Brücke eingeschalten.

Um das Bolometer vor Luftströmungen, schnellen Temperaturänderungen und sonstiger Unbill beim Gebrauch zu schützen, ist dasselbe in einen Ebonitcylinder eingeschlossen, an dessen Vorderende ein drehbares Diaphragma mit geeigneten Oeffnungen angebracht ist. Außerdem befinden sich noch im Innern eine Anzahl Diaphragmen mit centralen Oeffnungen. Dahinter stehen dann die Ebonitscheiben, zwischen denen M, N, N' angeordnet sind, und das Ende der Röhre ist mit einem nicht leitenden Material ausgefüllt, in welches die Leitungsdrähte eingebettet sind; in diesem Theil der Röhre befindet sich auch der in die Leitung einzuschaltende Draht, der die Widerstände bei M einer-, N und N' andererseits gleich macht.

Die von Langley mit diesem Instrument erhaltenen Resultate sind theilweis sehr merkwürdig. Ein Sonnenstrahl von 1 qcm Querschnitt ist im Stande, in einer Minute 1 g Wasser um  $1^{\circ}$  C. zu erwärmen. Er würde also die Temperatur einer Wasserschicht von  $\frac{1}{500}$  mm Dicke und 1 qcm Fläche in derselben Zeit um  $83\frac{1}{3}^{\circ}$  erwärmen, vorausgesetzt, daß alle Wärme zurückbleibt. Da nun die specifische Wärme des Platins nur 0,032 beträgt, so würde unter derselben Voraussetzung dieser Strahl einen Platinstreifen von den genannten Dimensionen in einer Sekunde von 0 auf  $2603^{\circ}$  erhitzen, also bis zu einer Temperatur, die zum Schmelzen ausreicht. In Wirklichkeit kommt es natürlich nicht dazu, weil der Streifen Wärme zurückstrahlt.

Wie schon S. 38 erwähnt, fand Langley mit dem Bolometer die Wärmevertheilung im Sonnenspektrum anders als

frühere Experimentatoren. Während sonst gewöhnlich ein Prisma aus Quarz, Steinsalz oder einer andern brechenden Substanz zur Erzeugung des Spektrums benutzt wurde, bediente sich Langley zu diesem Zwecke eines auf Spiegelmetall gravirten Rutherford'schen Diffractionsgitters. Wenn nun nach den Langley'schen Beobachtungen das Maximum der Wärme in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie D im Orange liegen soll, weil dort der größte Galvanometerauschlag beobachtet wurde, so dürfte bei diesem Schluß übersehen sein, daß in dem Bolometer nur die von dem Gitter M absorbierte Wärme wirksam ist, daß aber ein großer Theil der Wärmestrahlen von dem blanken Metall des Gitters reflektiert wird. Nur auf die absorbierten Strahlen bezieht sich daher das Resultat, das sich wohl anders gestalten würde bei Anwendung eines berußten Gitters.

## Electricität und Magnetismus.

### Erregung und Ansammlung der Electricität.

In der naturwissenschaftlichen Sektion der im Jahre 1867 in Kimaßombat abgehaltenen zwölften allgemeinen Versammlung ungarischer Aerzte und Naturforscher hielt der damalige Professor an der Universität Budapest Dr. Anian Jedlik einen Vortrag über aus Röhren bestehende Electricitätsrecipienten, und auf der Wiener Weltausstellung waren zwei Exemplare dieses Apparates von verschiedener Anordnung unter der Bezeichnung „Electricität spannende Batterie“ ausgestellt. Trotzdem sind diese Electricitätsrecipienten, die auf demselben Princip beruhen wie die Leidener Flasche, lange Zeit in unverdiente Vergessenheit gerathen. Einer kürzlich von Jedlik veröffentlichten ausführlichen Beschreibung<sup>1)</sup> sind folgende Angaben entnommen.

Die Recipienten werden aus Glasröhren von 10 bis 12 mm Durchmesser und 66 cm Höhe, gleich den gewöhnlich zur Anfertigung der Barometer benutzen, hergestellt, indem man diese Röhren bis zur Höhe von 39 cm mit feinen Eisenfeilspänen füllt und außen mit Stanniol bekleidet, die übrigen 27 cm der Außenfläche aber mit in Alkohol gelöstem Schellack überzieht.

1) Carl's Repertorium XVIII, S. 33.

Solcher Röhren stehen eine größere Anzahl in einem cylindrischen Glase und bilden einen Recipienten; die aus ihrem Innern hervorragenden kupfernen Entladungsdrähte sind unter sich und mit einer Kugel oder einem Cylinder aus Messingblech verbunden, während andererseits ein zweiter gleicher Konduktor mit den äußern Belegen verbunden ist.

Von diesen Recipienten werden mehrere vereinigt zu einer elektrischen Röhrenbatterie, deren Wirkung eine viel kräftigere ist als diejenige einer Flaschenbatterie von gleichem Rauminhalt; es läßt sich z. B. auf dem Flächenraum von 1 qm eine Röhrenbatterie von derselben Ladungsfläche aufstellen wie eine Batterie von 45 Leidener Flaschen größter Art.

Die Ladung einer solchen Batterie mittels einer Elektrifiziermaschine erfolgt in derselben Weise wie bei einer Flaschenbatterie. Damit übrigens die Röhren nicht überladen werden, verbindet Jedlik den positiven Einsauger der Elektrifiziermaschine noch mit einer Lane'schen Maßflasche, welche bei zu hoch gespannter Electricität dieselbe hörbar in kleinen Mengen überspringen läßt.

Der einzelne Recipient giebt bei voller Ladung Funken, deren Länge 6 bis 7 cm nicht übersteigt, und bei einer Verbindung der Batterie nach Quantität (die äußern Belege unter sich, die innern desgleichen) hat auch der Entladungsfunken der Batterie keine größere Länge. Werden aber 4 Recipienten nach Spannung verbunden (das innere Beleg eines Recipienten mit dem äußern des nächsten), so erreichen die Funken eine Länge von 30 bis 34 cm.

Die Funkenlänge kann noch wesentlich vergrößert werden durch Einschaltung eines oder mehrerer Kerzenflammen in den Funkenweg, oder auch dadurch, daß man zwischen die beiden Kugeln des Ausladers eine an beiden Enden zugeschmolzene Glasröhre bringt, die in ihrem Hohlraume einen Metalldraht enthält. Es gelang Jedlik auf diese Weise einen Funken von ursprünglich 18 cm auf 90 cm Schlagweite auszudehnen. Statt die Röhre zuzuschmelzen, können auch ihre Enden mit Siegel-lack verschlossen sein.

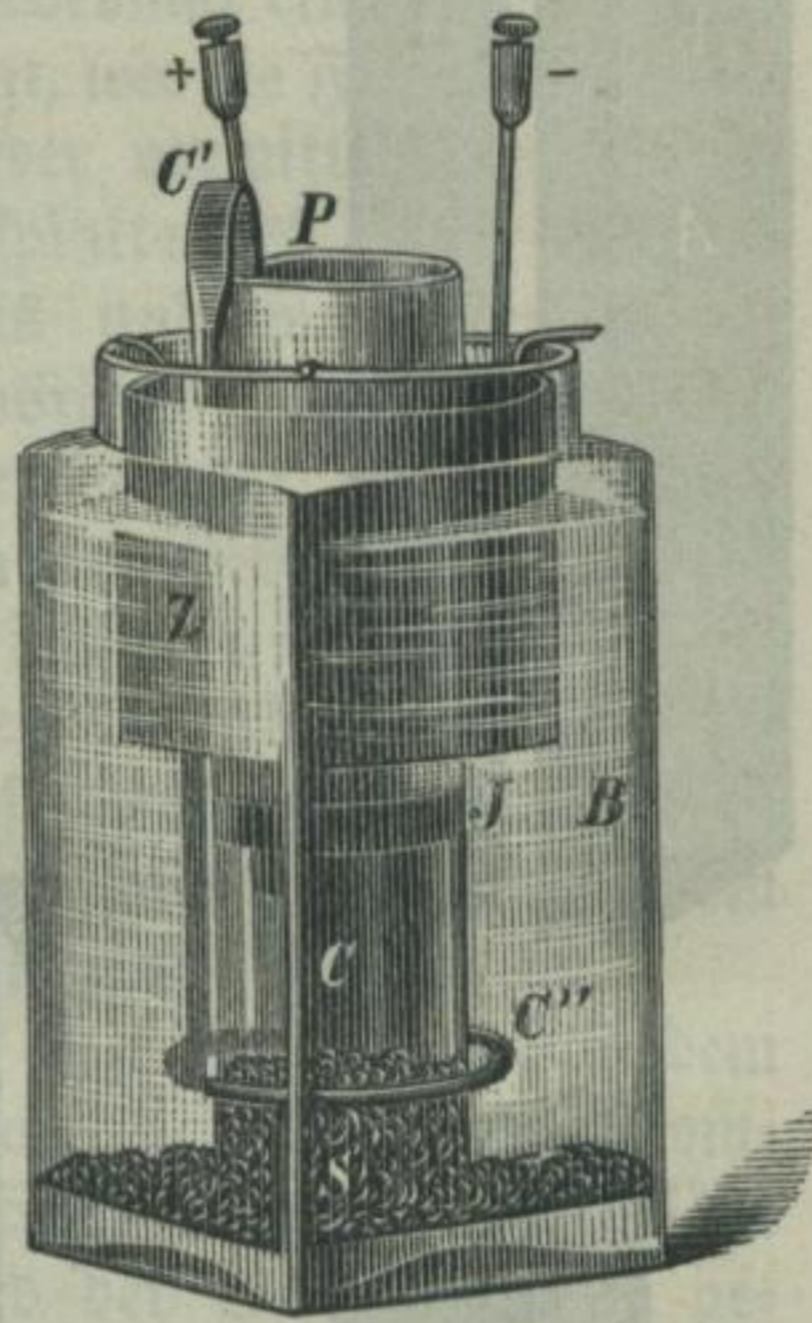
Uebergend zu den galvanischen Batterien erwähnen wir zuerst

Gaiffe's Kupfervitriol-Batterie, welche wesent-



lich eine Verbesserung des Daniell'schen Elementes und darauf berechnet ist, die Einwirkung des Zinks auf den Kupfervitriol bei geöffnetem Stromkreis zu verhindern. Das Element besteht aus einem äußeren Gefäß B, (Fig. 32) in dessen oberem Theile der Zinkcylinder Z aufgehängt ist, und dem mittleren Gefäß, bestehend aus einem oberen porösen Theil P J, und einem nicht porösen Untersatz in Form eines gewöhnlichen Trinkglases J S. Der in dieser mittleren Zelle befindliche Kupfercylinder C hat eine Verlängerung C' C'', welche, nach abwärts gebogen, bis auf den Boden der äußeren Zelle B reicht und dort in einen Ring endigt. Das Element ist gefüllt mit einer konzentrierten Lösung von Zinkvitriol und schwefelsaurer Magnesia, während einige Krystalle von Kupfervitriol bei S auf den Boden der inneren Zelle gebracht werden. Beim Auflösen sättigt der Kupfervitriol zunächst die im nicht porösen Theil J S der inneren Zelle enthaltene Flüssigkeit, dringt dann durch die poröse Wandung und fällt in Folge seiner größeren Dichtigkeit auf den Boden der äußeren Zelle B außerhalb der Wirkungssphäre des Zinks. Diese Wanderung des Kupfervitriols geht aber sehr langsam vor sich, so daß man bei nicht geschlossenem Stromkreis selbst noch nach Wochen keinen Niederschlag von Kupfer oder Zink bemerkt. Wenn aber der Strom geschlossen wird, reducirt dies Element zunächst den auf dem Boden der äußeren Zelle niedergesunkenen Kupfervitriol, so daß die Flüssigkeit sehr bald ihre ursprüngliche Reinheit wieder bekommt, und der übrige Proceß geht genau so vor sich, wie in einem gewöhnlichen Daniell'schen Element.

Fig. 32.

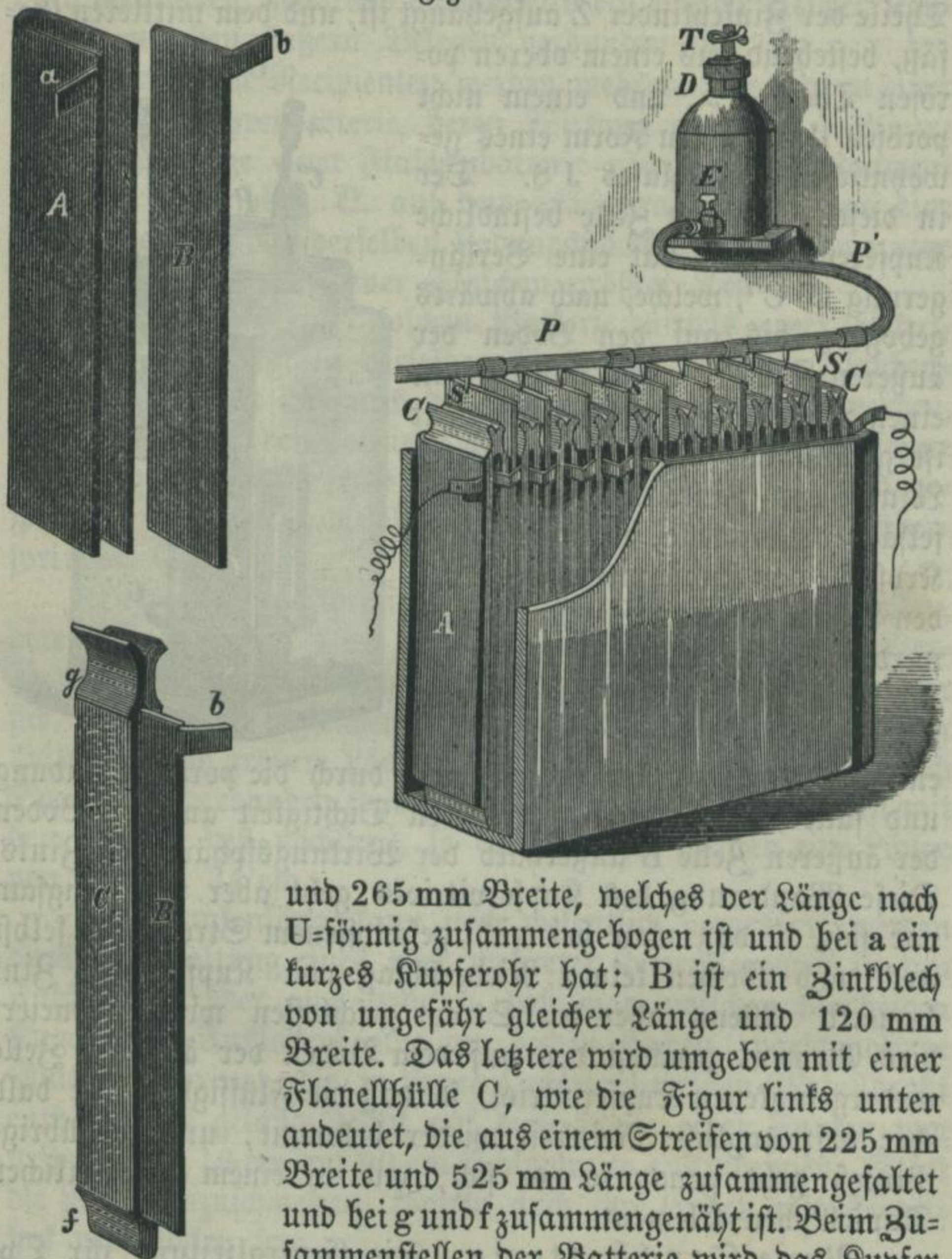


Neue Tauchbatterie. Die Centralzeitung für Optik und Mechanik<sup>1)</sup> beschreibt ohne Angabe des Konstrukteurs die nachfolgende kompendiöse Einrichtung einer Tauchbatterie,

1) III. Jahrg. (1882), Nr. 2, S. 21.

welche die Uebelstände vermeiden soll, die mit dem Gebrauch der üblichen großen Batterien verbunden sind. A in Fig. 33 links oben ist ein Kupferblech von ungefähr 450 mm Länge

Fig. 33.



und 265 mm Breite, welches der Länge nach U-förmig zusammengebogen ist und bei a ein kurzes Kupferrohr hat; B ist ein Zinkblech von ungefähr gleicher Länge und 120 mm Breite. Das letztere wird umgeben mit einer Flanellhülle C, wie die Figur links unten andeutet, die aus einem Streifen von 225 mm Breite und 525 mm Länge zusammengefaltet und bei g und f zusammengenäht ist. Beim Zusammenstellen der Batterie wird das Kupfer dick überstrichen mit einem Brei aus geglühtem Lampenruß und verdünnter Schwefelsäure, die Flanellhülle aber wird mit verdünnter Schwefelsäure getränkt und dann nach Aufnahme der

Zinkplatte ihrerseits in die Kupferplatte geschoben, so daß sie ungefähr 25 mm über und unter der letzteren vorsteht. Es ist nothwendig, daß die Kupfertafel die Flanellhülle fest umschließt, aber sie darf an keinem Punkte mit dem unverhüllten Zinkblech in Berührung kommen. Die so zusammengesetzten Elemente werden dicht aneinander in einen hölzernen Rahmen oder Behälter gestellt, doch so, daß jedesmal ein mit Paraffin getränktes Blatt Papier dazwischen liegt, wie die Fig. rechts zeigt. Die Platten werden dann untereinander vermittle der Ohren a und b verbunden, immer die Zinkplatte des einen mit der Kupferplatte des folgenden Elements und so weiter. Das Rohr P P' besteht aus einer Glasröhre, oder besser aus mehreren kurzen Stücken, welche untereinander mit Kautschukröhrchen und auf dieselbe Weise mit dem Behälter D verbunden sind. An den Stellen s längs dieser Röhre, und zwar jedesmal über den auseinandergebogenen Enden der Flanellhüllen, sind gläserne Tropfröhrchen angebracht, so daß vom Behälter D Flüssigkeit auf die Flanellhülle tropfen kann; der Zufluß vom Reservoir läßt sich durch die Hähne E und T regulieren.

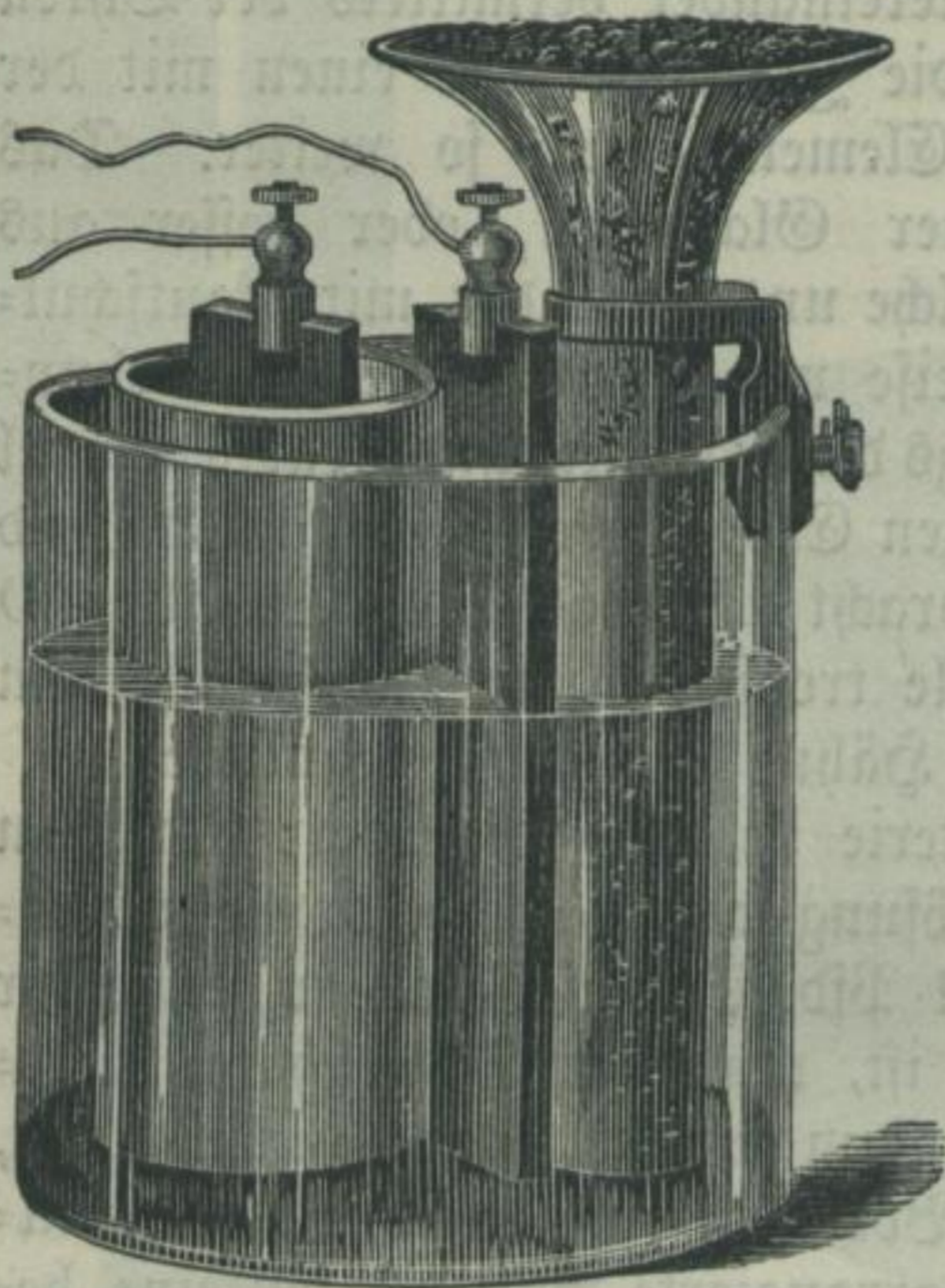
Der Betrieb dieser Batterie ist nun folgender: Nachdem der Behälter D mit einer Lösung von  $\frac{3}{4}$  Pfd. doppeltchromsaurem Kali und ungefähr 1 Pfd. Schwefelsäure in ungefähr  $4\frac{1}{2}$  l Wasser gefüllt worden ist, wird der Schließhahn E geöffnet, so daß die Lösung langsam auf die Flanelldecken tropft, dieselben durchtränkt und am Boden in eine bleierne oder emaillierte Rinne läuft. Eine so arrangierte Batterie soll eine beträchtliche elektromotorische Kraft entwickeln und einen sehr konstanten Strom geben; sollte sie mit Chloralaun überladen oder außer Thätigkeit gesetzt werden, so kann man sie, ohne die Verbindungen zu lösen, leicht reinigen, indem man warmes Wasser an Stelle der Lösung durchfließen läßt. Uebrigens kann man die Zinkplatten leicht herausnehmen, ohne die Umhüllung entfernen zu müssen. Eine solche Batterie von 100 Zellen kann in einem Kasten von 900 mm Länge, 300 mm Weite und 600 mm Tiefe untergebracht und von einem einzigen Behälter aus selbstthätig gespeist werden.

Anderson's galvanische Batterie<sup>1)</sup> Fig. 34 be-

1) Centralzeitung für Optik und Mechanik. III. Jahrg. (1882) Nr. 3, S. 32.

steht aus Zink und Kohle; das Zink befindet sich in einer porösen Zelle in Ammoniaklösung, die Kohle aber ist in eine Verbindung von oxalsaurem Chromoxyd und Kali in Verbindung mit freiem doppeltchromsaurem Kali und Salzsäure eingetaucht. Der negative Theil der Zelle kann in verschiedener Weise mit einem oxalsauren Salze in Salzsäure, so z. B. mit oxalsaurem Kupfer oder Ammoniak unter Hinzufügung von dop-

Fig. 34.



peltchromsaurem Kali, gefüllt werden, wobei sich alsdann in der Zelle oxalsaures Chromoxyd und Kali bilden. Am besten ist es jedoch, Oxalsäure zu einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali hinzuzufügen, bis das Aufbrausen aufhört, und die Lösung hierauf zu verdampfen, wobei Krystalle von oxalsaurem Chromoxyd und Kali erhalten werden. Eine genügende Quantität dieses Salzes mit ungefähr dem gleichen Quantum von doppeltchromsaurem Kalikrystallen und reiner verdünnter Salzsäure wird auf den Boden der Kohlenzelle gebracht und die Kohle in diese Lösung gestellt. Anstatt Krystalle in die mit der negativen Lösung gefüllte Zelle zu werfen, ist es besser, die Stärke der Batterie dadurch zu regulieren, daß man Krystalle von doppeltchromsaurem Kali in ein oben offenes Glasrohr füllt, das am Boden mit einem durchlöcherten Platinblech oder Gewebe aus Platindraht geschlossen ist; auch kann das Rohr selbst am Boden und an den Seiten durchlöchert sein. Dieses Rohr wird mehr oder weniger tief in die negative Lösung eingetaucht. Je weiter das Rohr eingetaucht ist, desto stärker wirkt die Batterie, weil desto mehr Krystalle gelöst werden, und es kann daher die Wirkung der Batterie durch das Eintauchen des Rohres reguliert werden. Für Batterien mit einer Flüssigkeit ist das oxalsaure

Chromoxyd beider Elementen, Zink und Kohle, gemeinsam. Eine so angeordnete Batterie ist zwar in der Wirkung von kürzerer Dauer, als wenn zwei Flüssigkeiten benutzt werden, aber sie wirkt intensiver, und der innere Widerstand ist geringer. Mit zwei Flüssigkeiten ist dagegen die Batterie konstanter; sie ist deshalb in dieser Form für Telegraphen, elektrische Klingeln, zum Betrieb von Elektromotoren und zur Erzeugung von elektrischem Licht geeignet. Andererseits kann die Batterie mit einer Flüssigkeit für solche Zwecke mit Vortheil benutzt werden, wo eine kurze, kräftige und dabei stetige Wirkung verlangt wird. Um das Entweichen des aus den Säuren aufsteigenden Dunstes zu verhüten, werden die sauren Lösungen mit einer Oel-schicht oder mit einer Schicht Holzkohlenpulver bedeckt.

Leclanché's Element.<sup>1)</sup> Zum Betrieb von Fernsprecheinrichtungen in den Städten mit einer größern Anzahl von Sprechstellen ist jetzt vorzugsweise dieses Element im Gebrauch, weil dasselbe am besten den Bedingungen entspricht, die man an Batterien stellt, die zu diesem Zwecke dienen sollen: eine gleichmäßig starke elektromotorische Kraft zu entwickeln, längere Zeit hindurch keiner Beaussichtigung und neuen Füllung zu bedürfen, keine schädlichen Gase auszuhauchen und im Zustand der Ruhe ohne jede chemische Thätigkeit zu sein.

Von diesem Element sind hauptsächlich drei Formen im Gebrauch, die sich durch die Gestalt der negativen Elektrode unterscheiden. Die positive Elektrode besteht immer aus einem Zinkstab, die erregende Flüssigkeit ist Salmiaklösung.

Bei der ursprünglichen Form des Leclanché-Elementes steht mitten in einem porösen Thonbecher eine Platte von Retortenkohle, umgeben von einem grob geförnten Gemisch von ungefähr gleichen Theilen Braunstein und Retortenkohle oder Kokes (vgl. dieses Jahrb. V, S. 162).

Bei den neueren Formen kommt, wie schon in diesem Jahrb. XVI, S. 180 kurz erwähnt ist, eine aus diesen Substanzen bereitete Masse zur Verwendung, die nach Dr. Tobler's Angabe gewonnen wird, indem man 40 Theile Braunstein (Pyrolusit), 55 Retortenkohle und 5 Gummiharz (Schel-

1) Vgl. Krüger, Verwendung des Leclanché-Elementes etc., Elektrotechn. Zeitschr. Jan. 1882, S. 25.

lact) bei  $100^{\circ}$  C. unter einem Druck von 300 Atmosphären zu einer plastischen Masse formt.

Bei dem Leclanché'schen Bündel- oder Platten-element (pile à mélange aggloméré avec plaques remouvables) werden Platten von der ungefähren Breite und Höhe und der dreifachen Dicke der Kohlenplatte des älteren Leclanché-Elementes aus dieser Masse geformt, und es werden ein oder zwei, ja selbst drei solcher Braunsteinkohlenplatten durch Gummiringe an die Kohlenplatte angedrückt.

Die andere Form ist das Braunsteincylinder-Element (pile aggloméré cylindrique), welches die Form eines aus der plastischen Masse gebildeten Cylinders hat, in dessen Mitte sich eine Kohlenplatte befindet.

Was die Wirksamkeit dieser Elemente anlangt, so sind zwar ältere Angaben darüber vorhanden; da dieselben aber nicht ausreichen, um zu entscheiden, welche der drei Formen am zweckmäßigsten für die Telephone in den Städten zu verwenden ist, welche insbesondere unter Berücksichtigung der erwachsenden Kosten neben der größten Einfachheit und Uebersichtlichkeit die längste Dauer und Gleichmäßigkeit der elektromotorischen Kraft erwarten läßt, so sind in dieser Hinsicht neue Versuche angestellt worden, über welche der Geh. Oberpostrath Krüger a. a. O. ausführlich Bericht erstattet hat.

Zunächst ward durch einige Versuche festgestellt, daß die künstlichen Leclanché-Elemente mit Thonbecher sich in ihrem Verhalten wenig von einander unterschieden, und daß die Platten-elemente bei erheblich höherem Preise kaum größere und länger andauernde elektromotorische Kraft entwickelten als jene; deshalb wurde die weitere Vergleichung auf die Elemente mit Thonbecher und die mit Braunsteincylinder beschränkt.

Es wurde dabei stets das für die Leclanché-Elemente übliche vierkantige Glasgefäß verwendet von 9 cm Seite und 15 cm Höhe, oben in einen cylindrischen Hals von 9 cm Durchmesser endigend, an welchem als Fortsetzung einer Ecke des Glases, eine Ausbauchung zur Aufnahme des Zinkstabes gebildet worden war. Der runde Zinkstab hatte 17 cm Länge und 10 mm Durchmesser, an einem Ende desselben war ein Kupferstreifen mit der Polklemme eingelöthet. Der Thonbecher hatte 15 cm Höhe und 7 cm Durchmesser, die Kohlenplatte

17 cm Höhe, 4 cm Breite, 8 mm Stärke und war oben mit einer Bleifassung zur Aufnahme des Bleidrahts umgeben.

Der Braunsteincylinder hatte 16 cm Höhe, 7 cm Durchmesser und endete in einen rechteckigen prismatischen Ansatz von 2 und 5 cm Seite und 2,3 cm Höhe, an welchen ein Messingbügel angeschraubt wurde, der einen Poldraht trug. Die Cylinder waren aus der Fabrik des Dr. Lessing in Nürnberg und enthielten keine Kohlenplatten, sondern bestanden nur aus einer plastischen, in der Wärme getrockneten Mischung, anscheinend von fein gepulvertem Braunstein und Kohle.

Es wurden jedesmal 100 g Salmiak verwendet und in soviel Wasser gelöst, daß der Flüssigkeitsspiegel ungefähr 5 cm von der Oberkante des Thonbeckers, beziehentlich des Braunsteincylinders entfernt blieb, nachdem dieselben in das für sie bestimmte Glas eingesetzt waren.

Bei Bestimmung der elektromotorischen Kraft wurde als Normalelement die in der deutschen Reichs-Telegraphen-Verwaltung gebräuchliche Zinkkupferzelle ohne Diaphragma benutzt. Dieses Daniell-Element besteht aus einem cylindrischen Glas von 15 cm Höhe und 10 cm Durchmesser, an dessen Oberkante ein Zinkring von 5 cm Höhe und 7 mm Wandstärke mittels dreier angegossenen Arme aufgehängt ist; die Unterkante desselben steht 7 cm überm Boden des Glases. Auf diesem liegt eine Bleiplatte von 7 und 5 cm Seite und 1 cm Dicke, in welche ein 18 cm langer, von einem Bleirohr umgebener, 6 mm starker Eisendraht befestigt ist. Bei den Versuchen war das Glas gefüllt mit Zinkvitriollösung von specifischem Gewicht 1,21 und die Bleiplatte vollständig, theilweise auch das Bleirohr, bedeckt mit metallisch ausgeschiedenem Kupfer, während die Lösung stets ausreichend Kupfervitriol enthielt.

Die Versuche, deren Ergebnisse ihren numerischen Werthen nach a. a. O. des Näheren verzeichnet sind, ergaben den Widerstand des Thonbecher-Elementes bei neu angelegten oder gut unterhaltenen Elementen stets zwischen 0,9 und 1,0 Siemens-Einheiten, während Veclanché dafür 4 S.=E. angegeben hat. Beim Platten-Element betrug derselbe 0,7 bis 0,8 S.=E., beim Braunsteincylinder-Element 0,7 bis 1,0 S.=E. Dieser geringe Widerstand hat sich mit unbedeutenden Schwankungen bei allen Formen des Veclanché-Elementes erhalten; nur wenn sich nach

lang andauernder Thätigkeit große Mengen von Chlorzink-Chlorammonium u. s. w. in Krystallen abgeschieden hatten, Zinkstab und Thonbecher, beziehentlich Braunsteincylinder, mit Krystallen dicht bedeckt waren und der Flüssigkeitsstand sehr erheblich gesunken war, erhöhte sich der Widerstand auf 2,0 selbst 2,6 S.=E.

Bei der Ingebrauchnahme entwickelte das Thonbecher-Element (I) allerdings eine erheblich größere elektromotorische Kraft als das Braunsteincylinder-Element (II), fast im Verhältniß von 5 : 4; aber diese Kraft nimmt bei I viel schneller ab als bei II, und nach 48 stündigem Schlusse mit einem Widerstand von 100 S.=E., und nachdem die Elemente 24 Stunden offen gestanden haben, ist bei II wieder die ursprüngliche elektromotorische Kraft vorhanden, während sie bei I auf 83 Procent zurückgegangen ist. Ueberhaupt entwickelt das Braunsteincylinder-Element längere Zeit eine gleichmäßigere elektromotorische Kraft, als das Thonbecher-Element; da nun auch sein Widerstand sehr gering ist, und die Unterhaltung bei seiner höchst einfachen und übersichtlichen Zusammensetzung leichter, die Anschaffung auch billiger ist, als die des Thonbecher-Elementes, so ist dem Braunsteincylinder-Elemente der Vorzug einzuräumen.

Tommasi's galvanische Batterie<sup>1)</sup>, welche die Nachtheile der Bunsen'schen Elemente vermeiden, aber alle Vortheile derselben beibehalten soll, ist so eingerichtet, daß die Entwicklung der salpetrigsauren Dämpfe nicht lästig wird. Auch bleibt dieselbe, einmal zusammengestellt, längere Zeit hindurch thätig, und auf der elektrischen Ausstellung in Paris wurde mit derselben während der Beleuchtungsstunden elektrisches Licht erzeugt. Das Zink ist in den Elementen in Form von Ringen, die im Fall der Abnutzung leicht ersetzt werden können, in Kupferkörben angebracht; letzteres wird aber wegen der dadurch veranlaßten Lokalströme getadelt. Statt der Salpetersäure wird ein Gemisch von salpetersaurem Natron und Schwefelsäure benutzt, das in einem Glasgefäß mit kleiner Oeffnung enthalten ist und langsam die Flüssigkeit ersetzt, welche die Kohle umgiebt.

Eine Batterie von sehr geringem innern Wi-

1) Elektrotechn. Zeitschr. Mai 1882, S. 181.



Derstand stellt Cromwell F. Barley aus Elementen von folgender Einrichtung zusammen.<sup>1)</sup> In concentrirter Schwefelsäure befindet sich das Kupfer; über der concentrirten Säure steht specifisch leichtere verdünnte, in welcher sich, dem Kupfer möglichst nahe, ein flacher, mit der Spitze nach unten gekehrter Zinkkegel befindet. Durch diese Form des Zinkes wird etwa sich abscheidenden Gasbläschen das Entweichen erleichtert. Derartige mit den einfachsten Hilfsmitteln konstruirte Elemente zeigen einen Widerstand von nur 0,5 Ohm. Freilich sind sie nicht von langer Dauer, da sich die Flüssigkeiten nach einiger Zeit mischen, wodurch Kupfer zum Zink übergeführt wird. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, färbt Barley die concentrirte Säure mit Indigo oder Lakmus, so daß man den Eintritt des Mischens leicht bemerkt; man hebt dann, wenn die Mischung weit genug vorgeschritten, die gemischten Schichten mit einer Pipette heraus und ersetzt dieselben mittels geeigneter Trichter durch neue Flüssigkeit.

Billige Kohlenelemente für galvanische Batterien stellt man nach Mauri her<sup>2)</sup>, indem man gleiche Gewichtsmengen von feingepulvertem Graphit und Schwefel in einem Schmelztiegel bis auf höchstens 200° erhitzt und die etwas zähflüssige Masse in Metallformen gießt, in welche als Elektroden Kupferdrähte gesteckt sind. Nach dem Abkühlen ist die Masse sofort verwendbar; sie ist ebenso leistungsfähig wie die beste Retortenkohle, und da sie stärker elektronegativer ist als gewöhnliche Kohle, so verleiht sie der Zelle große elektromotorische Kraft.

Durch einen größeren Zusatz von Schwefel wird die Masse sehr widerstandsfähig, so daß sie an Stelle des Kupfers oder Platins selbst in Batterien für telegraphische und Beleuchtungszwecke verwendbar wird.

Die beiden folgenden Batterien sind besonders für ärztliche Zwecke konstruirt.

Pulvermacher's Taschenkette von hoher Spannung. Dieselbe wird von hohlen Cylindern von vergoldetem Kupfer gebildet; je  $\frac{2}{3}$  eines solchen Cylinders bilden den negativen Pol, mit Hilfe horizontaler Arme und eines kreisfö-

1) Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Mai 1882, S. 186.

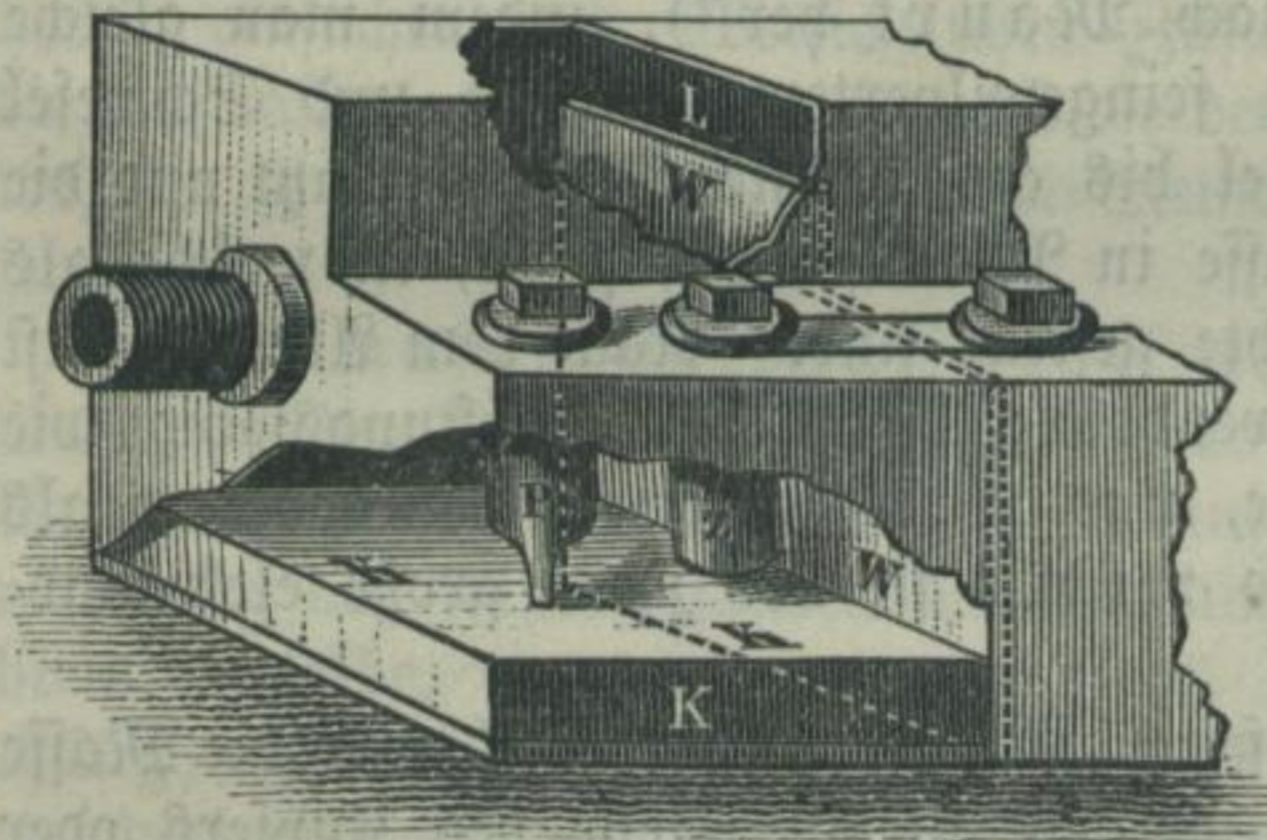
2) Maschinenbauer, Jahrg. 1882, Heft 6.

migen Einschnittes ist jeder Cylinder mit dem folgenden derart isoliert verbunden, daß man die ganze Kette zusammenrollen kann. Als positiver Pol dient ein Eisenstäbchen, das mit isolierten Windungen von Zinkdraht umwickelt ist. Die Kette wird im zusammengerollten Zustand in einer Büchse getragen, welche die zur Erregung dienende Flüssigkeit — Chromsäure — enthält.<sup>1)</sup>

Durch ihre einfache und handliche Form empfiehlt sich die kommunizierende Winkelzellenbatterie des Universitätsmechanikers C. M. Reiningen in Erlangen.

Die Elementenzellen sind in einem Hartgummikästchen angebracht, welches deren fünf enthält; sie haben ebenso wie der Zellenkasten eine Winkelform (L). Jede dieser Zellen enthält unten eine Kohlenplatte K von 15 qcm Oberfläche und 8 mm Dicke, die in den Boden einvulkanisiert ist. Dieselbe steht durch einen Platindraht, der von dem bleiernen Leitungskörper P (Fig. 35) umgeben ist, durch die Decke der Zelle hindurch mit einer Klemmschraube in Verbindung. Dieser Bleikörper ist zum

Fig. 35.



Schutz gegen die zur Füllung der Zellen dienende Säure mit einem widerstandsfähigen Kitt umgeben und mittels Gewinde in die Klemmschraube eingeschraubt. Neben diesem Bleikörper und auf gleiche Weise mit einer Klemmschraube verbunden befindet sich ein 3 cm langer und 1 cm starker Zinkcylinder Z. Die Klemmschrauben stehen durch ein Messingplättchen in wechselseitiger Verbindung, so daß jeder Hartgummikasten eine geschlossene Batterie von 5 Elementen bildet. Doch lassen die Trennungswände der einzelnen Zellen oben bei L eine Lücke, so daß die Chromsäurelösung, welche zur Füllung dient, in allen Zellen gleich hoch steht, wenn man den Zellenkasten horizontal auf die Hinterwand stellt (so daß also K ver-

schraubt. Neben diesem Bleikörper und auf gleiche Weise mit einer Klemmschraube verbunden befindet sich ein 3 cm langer und 1 cm starker Zinkcylinder Z. Die Klemmschrauben stehen durch ein Messingplättchen in wechselseitiger Verbindung, so daß jeder Hartgummikasten eine geschlossene Batterie von 5 Elementen bildet. Doch lassen die Trennungswände der einzelnen Zellen oben bei L eine Lücke, so daß die Chromsäurelösung, welche zur Füllung dient, in allen Zellen gleich hoch steht, wenn man den Zellenkasten horizontal auf die Hinterwand stellt (so daß also K ver-

1) Ausführlichere Beschreibung in den Comptes rendus Vol. 93, p. 1020.

tikal steht). Die Füllung erfolgt bei dieser Stellung durch ein seitliches Ansatzrohr mit Hilfe eines gebogenen Trichters und eines Maßfläschchens von 50 cem Inhalt, welches zweimal zu entleeren ist, da 100 cem zur Füllung nöthig sind.

Bringt man nach der Füllung den Kasten in die Lage, wie Fig. 35 zeigt, so taucht der Zinkstab in die Flüssigkeit, die Zwischenwand W trennt den Zelleninhalt vollkommen von dem der benachbarten Zelle, und die Batterie ist zum Gebrauch fertig.

Es muß nun eine größere Anzahl von Elementen so angeordnet sein, daß man alle auf einmal in den Arbeitszustand versetzen, oder auch eine beliebige Anzahl derselben in Gebrauch nehmen kann. Reiningcr vereinigt bei seinen Apparaten 15 bis 20 Elemente, und zwar benutzt er für einen solchen von 15 Elementen drei seiner Winkelzellenbatterien, welche in einem Holzkasten untergebracht werden.

Die innere Einrichtung des Kastens ist so getroffen, daß sich die Winkelzellenbatterien in dem geöffneten Kasten in arbeitsfähigem Zustande befinden. Von jedem der drei Batteriekästen geht ein Gummischlauch aus, welcher den Luftschlot des Zellenkastens mit einem geneigten, mit Wassersack versehenen Glasrohre in Verbindung bringt. Die Gummischläuche und Luftschlote dienen einerseits dazu, die beim Gebrauche entwickelten Gase abzuführen und andererseits zur Vermeidung von Verunreinigungen, welche durch die etwa beim Umlegen oder Ueberstürzen des Apparates austretende Säure veranlaßt werden könnten. Der seitlich neben den Batterien verbleibende Kastenraum, in welchem auch jene Glasröhre untergebracht ist, dient zur Aufnahme der Elektroden. Die Verbindung der einzelnen Elemente mit der Schaltkurbel erfolgt nun folgendermaßen.

Jedes der früher erwähnten Messingplättchen, welche die Kohle- und Zinkelektroden der benachbarten Elemente verbinden, ist mit einem vorspringenden Kupferdrahte versehen, der nach unten umgebogen ist und gegen je eine im Kasten angebrachte Neusilberfeder schleift, so daß der metallische Kontakt zwischen Draht und Feder beim einfachen Einsetzen des Batteriekastens hergestellt werden muß. Zur Vermeidung von Stromstörungen muß deswegen beim Herausnehmen und Hineinsetzen der Hartgummikästen darauf Bedacht genommen werden, daß die Neu-

silberfedern nicht verbogen werden. Von jeder Feder aus gehen nun Leitungsdrähte nach den außen am Kasten im Halbkreise angeordneten Messingknöpfen. Ueber diese Knöpfe schleift eine Handkurbel, durch welche jedesmal die auf dem betreffenden Messingknopf bezeichnete Zahl von Elementen mit den für die Leitungsschnüre bestimmten Klemmschrauben in Verbindung gebracht werden.

Um den Apparat außer Thätigkeit zu setzen, stellt man einfach den Kasten so, daß die Handhabe auf die obere Seite kommt.

Wir wenden uns nun zu den Sekundär-Batterien, von denen die Faure'sche schon im vorigen Jahrg. dieses Jahrbuchs, S. 250, Erwähnung gefunden hat. Ueber die Wirkung dieser Batterie haben Alard, Blanc, Foubert, Potier und Tresca im Januar d. J. im Conservatoire des Arts et Metiers in Paris eine Reihe von Versuchen angestellt, die für die Beurtheilung der Leistungsfähigkeit dieser Akkumulatoren der Elektrizität von maßgebender Bedeutung sind.<sup>1)</sup> Es stand dazu eine Batterie von 35 Faure-Elementen mit spiralförmigen Platten zur Verfügung, jedes mit der Flüssigkeit im Gewicht von 43,7 kg; die Bleielektroden waren mit Mennige bedeckt im Verhältniß von 10 kg auf 1 qm, so daß die Schicht 1 bis 2 mm dick war. Die Flüssigkeit der Elemente bestand aus destilliertem Wasser mit 10 Volumenprocenten reiner Schwefelsäure.

Zweck der Versuche war, zu messen

1. Die mechanische Arbeit, welche zur Ladung der Batterie nöthig ist,
2. Die Menge der Elektrizität, welche während der Ladung aufgespeichert wird,
3. Die Menge der Elektrizität, welche während der Entladung ausgegeben wird,
4. Die elektrische Arbeit, welche während der Entladung wirklich geleistet wird.

Die Ladung erfolgte durch eine Siemens'sche dynamoelektrische Maschine, die Entladung durch eine Anzahl Maxim-Glühlampen. Die mechanische Arbeit wurde gemessen mittels

1) Ausführlicher Bericht in der Elektrotechn. Ztschr. April 1882, S. 149; Besprechung von Aron in Juniheft 1882, S. 226.

eines Dynamometer-Totalisators, welcher nach dem Modell der königlichen landwirthschaftlichen Gesellschaft in England von Easton und Anderson für den Verein der Landwirthe in Frankreich angefertigt worden ist. Zur Messung der Lichtstärke ward ein Foucault'sches Photometer verwendet; für die elektrischen Messungen aber wurden benutzt ein Marcel Deprez-Galvanometer für den ganzen Strom, ein Siemens'sches Elektrodynamometer für den Ladungsstrom und ein Elektrometer mit Gradeintheilung zur Messung des Potentialunterschieds zwischen den beiden Polen der Batterie.

Die Batterie wurde nun an vier auf einander folgenden Tagen, vom 4. bis 7. Januar geladen, am 4. Januar  $5\frac{1}{2}$  Stunden, am 5. 7 Stunden, am 6.  $7\frac{1}{2}$  Stunden, am 7.  $2\frac{3}{4}$  Stunden, zusammen  $22\frac{3}{4}$  Stunden. Am letzten Tage bestand im Vergleich zu den vorher gegangenen ein großes Mißverhältniß zwischen der nützlichen und der gesammten aufgewendeten Arbeit: am ersten Tage wurden in  $5\frac{1}{2}$  Stunden 1,814,600 Meterkilogramm Energie aufgenommen, am vierten in  $2\frac{3}{4}$  Stunden, also in der Hälfte der Zeit, nur 591,600 Meterkilogramm, also nicht die Hälfte, sondern nur ein Drittel. Deshalb nahm man wohl an, daß die Batterie bis zur Sättigung geladen sei und hörte demgemäß mit der Ladung auf.

Nach der Angabe von Reynier, die den aus Paris bezogenen Faure'schen Elementen beigegeben ist, werden 6 Faure-Elemente von 10 Bunsen'schen in 12 Stunden, von 9 Bunsen'schen in 20 Stunden geladen. Es erklärt sich dies, wenn man berücksichtigt, daß die elektromotorische Kraft des Faure-Elements ungefähr 2,2 Volt beträgt; 6 solche Elemente haben also 13,2 Volt. Anderntheils hat ein Bunsen-Element die elektromotorische Kraft von 1,8 Volt; bei 10 solchen Elementen ist also der Ueberschuß  $1,8 \cdot 10 - 13,2 = 4,8$ , bei 9 aber nur  $1,8 \cdot 9 - 13,2 = 3$  vorhanden, und das Verhältniß  $3 : 4,8$  stimmt ungefähr mit  $12 : 20$  überein. Den Widerstand bei der Ladung giebt Reynier für ein Element von 8 kg Gewicht zu 0,008 Ohm an; bei der Entladung mit einem zehnmal so großen Widerstande sinkt aber die elektromotorische Kraft auf 2 Volt, während der Widerstand auf 0,095 Ohm steigt. Die Stromstärke beträgt demnach  $2/0,095$  oder ungefähr 21 Ampère. Da nun 1 Ampère in 1 Ohm ungefähr 0,1 Meterkilogramm Arbeit

bedeutet, und da die Leistung mit dem Quadrat der Stromstärke und direkt proportional dem Widerstande zunimmt, so beträgt sie in diesem Falle  $0,1 \cdot 21 \cdot 21 \cdot 0,095 = 4,4$  Meterkilogramm.

Vergleicht man diese Angaben mit den Ergebnissen der Versuche am Conservatoire des Arts et Metiers, so schwankte bei diesen die Spannung der Elemente während der Entladung zwischen 72 und 75 Volt, ungefähr entsprechend der Angabe Reyniers (2 Volt für das Element). Das Ladungspotential betrug gegen 90 Volt, der Ueberschuß, welcher die Ladung bewirkte, schwankte von 15 bis 18 Volt, der Widerstand bei der Ladung zwischen 0,023 und 0,075 Ohm, bei der Entladung zwischen 0,006 und 0,040 Ohm. Im Vergleich mit Reyniers Angaben scheint also der Widerstand nicht in dem Maße abzunehmen wie die Gewichte zunehmen; doch ist vielleicht die in beiden Fällen verschiedene äußere Form der Elemente Schuld daran.

Bei der Ladung wurden den Elementen im Ganzen 6382100 Meterkilogramm Energie in Gestalt von Strom zugeführt, und da das Gewicht der Elemente 1530 kg betrug, so giebt dies 4180 Meterkilogramm für jedes Kilogramm Gewicht.

Die Entladung wurde am 7. Januar  $7\frac{1}{4}$  Stunde und am 9. Januar  $3\frac{1}{3}$  Stunde lang, also im Ganzen während 10 Std. 35 Min. vorgenommen, und es wurden durch dieselbe 11 Maxim-Lampen glühend erhalten. Die Energie des Stromes, den die Elemente dabei lieferten betrug 3809000 Meterkilogramm. Dies giebt für die Lampe und Sekunde 8,5 Meterkilogramm oder rund  $\frac{1}{10}$  Pferdekraft. Dabei entwickelte die Lampe durchschnittlich ein Licht von 1,4 Carcel. Von 4180 Meterkilogramm Energie, die für je ein Kilogramm der Elemente aufgenommen wurde, ergab sich also eine Nutzleistung von 2533 Meterkilogramm; der Nutzeffekt der elektrischen Arbeit betrug also nahezu 60 Procent. Zur Auffpeicherung der Energie war aber eine mechanische Arbeit von 9570000 Meterkilogramm erforderlich, und von dieser ganzen ursprünglich aufgewandten Arbeit beträgt der Nutzeffekt nur 40 Procent.

Auf der internationalen Elektrizitätsausstellung, die vom 11. August bis 20. November vorigen Jahres im Industrie-

palast in Paris abgehalten wurde, dienten Faure'sche Akkumulatoren etwa 5 bis 6 Stunden lang jeden Tag zur Speisung der Swan'schen Glühlampen im Buffetsaal der ersten Etage und im Sitzungssaale des an die Ausstellung sich anschließenden Congresses. Die Ladung erfolgte in 3 bis 4 Stunden mit einer Siemens'schen Maschine.

Ueber die Verwendbarkeit dieser Elemente sind die Meinungen noch sehr getheilt; sicher ist, daß die anfangs von vielen Seiten gehegten Hoffnungen übertrieben waren. Gegenwärtig werden selbst Stimmen laut, die den Versandt von Electricität mittels solcher Apparate für ein verfehltes Unternehmen halten, da, abgesehen von andern Uebelständen, der Empfänger nicht wissen könne, ob die ihm gelieferten Elemente vollständig geladen und ob die von ihm zurückgegebenen vollständig entladen sind.<sup>1)</sup>

Für Beleuchtungszwecke wird man in den meisten Fällen Dynamomaschinen, nicht Akkumulatoren, verwenden; doch sind Fälle denkbar, in denen die letzteren den Vorzug verdienen. Hierher gehört die Beleuchtung der Eisenbahnwagen mit elektrischem Licht. Die Generaldirektion der Elsaß-Lothringischen Eisenbahnen hat in dieser Hinsicht Versuche mit Faure'schen Elementen angestellt, die aber daran scheiterten, daß die Mennige von den Bleiplatten abfiel. Ob die neuern Elemente, bei denen Riefen und Falten in die Platten eingepreßt sind, um ein besseres Anhaften der Mennige zu bewirken, den fortwährenden Erschütterungen auf einem Eisenbahnzuge besser zu widerstehen vermögen, steht noch dahin.<sup>2)</sup> Soll die Beleuchtung nur durch Akkumulatoren geschehen, so müßten diese auch, wie Aron a. D. bemerkt, ein ziemlich bedeutendes Gewicht haben. Um einen Personenwagen mit 5 Coupés 15 Stunden lang mit 5 Lampen zu beleuchten, würde man beinahe ebensoviel Electricität brauchen, wie bei den Versuchen im Pariser Conservatoire des Arts et Metiers, für 11 Lampen 7 1/4 Stunden lang<sup>3)</sup>, also

1) Alglave et Boulard, la Lumière électrique. Paris 1882, p. 221.

2) Aron in der Elektrotechn. Ztschr. Juni 1882, S. 228.

3) Aron geht dabei von der Voraussetzung aus, daß bei den Pariser Versuchen die Entladung am 8. Januar ausgesetzt und erst am 9. Januar 3 1/3 Stunde lang wieder fortgesetzt worden sei, weil die Batterie am 7. erschöpft gewesen; wenn sie dann am 8. gestanden hatte

eine Batterie von 1500 kg Gewicht. Dies ist sehr viel, und deshalb scheinen die Faure'schen Elemente für sich allein zu dem angegebenen Zwecke nicht wohl verwendbar. Sie dürften aber zweckmäßig sein in Verbindung mit einer Dynamomaschine, wenn man einem wiederholt gemachten Vorschlage gemäß diese durch die Achsen des Wagens in Bewegung setzen läßt. Während der Fahrt erzeugt dann die dynamoelektrische Maschine den Strom zur Unterhaltung der Lampen, und nur wenn der Zug langsam fährt oder still steht, werden die Lampen durch den Akkumulator gespeist, der dann ein viel geringeres Gewicht haben kann. Dabei darf nicht vergessen werden, daß die Ladung des Akkumulators während der Tageszeit durch die von den Radachsen in Gang gesetzte dynamoelektrische Maschine erfolgen kann. Nur der Kostenpunkt bei der ersten Anlage dürfte Bedenken erregen.

Ferner hat man die Faure-Elemente zum Betrieb elektrischer Eisenbahnen vorgeschlagen, und wenn auch diese Verwendung den von Aron in der mehrfach citierten Abhandlung S. 227 gegebenen Berechnung zufolge nicht sonderlich ökonomisch erscheint, so kann dieselbe doch in manchen Fällen aus andern Gründen vortheilhaft sein. Auch ist in der That eine derartige elektrische Eisenbahn bereits seit März dieses Jahres in Betrieb, und zwar auf der Finnenbleicherei von Paul Duchesne-Journet zu Le Breuil-en-Auge im französischen Depar-

und am 9. noch ein erhebliches Quantum Electricität lieferte, so ist Aron zu der Annahme geneigt, dieses Quantum als ein Residuum zu betrachten, welches sich in einer sekundären Batterie nach einiger Zeit ebenso einstellt, wie bei der Leidener Flasche. Den wahrscheinlichen Grund findet er darin, daß die obern Superoxydschichten den Wasserstoff aufnehmen und sich reducieren, und daß der Wasserstoff erst in die tieferen Schichten eintreten muß, ehe die Platte wieder weiter arbeiten kann. Dies geschieht namentlich bei kurzem Schlusse, während bei großem Widerstand das Superoxyd Zeit hat, den Wasserstoff aufzunehmen. Als nützliche Arbeit kann man diese Rückstände nicht wohl rechnen, obwohl Arton dies thut, vielmehr kann als solche nur die Energie in Betracht kommen, die beim ersten Entladen gewonnen wird. Wenn freilich die Entladung am 8. Januar deshalb ausgesetzt worden wäre, weil dieser Tag ein Sonntag war, so würde der Schluß, daß man es am 9. nur mit einem erst später disponibeln Rückstande zu thun hatte, hinfällig sein; das Gewicht der Batterie für Waggonbeleuchtung könnte dann niedriger berechnet werden.



tement Salvados<sup>1)</sup>, wo der größte Theil der in Vieux fabri-  
cierten Feinwand gebleicht wird. Die Feinwandstücke, wel-  
che eine Länge von ungefähr 100 m haben, werden bei dem  
Bleichproceß zuletzt auf einer Wiesenfläche von 15 Hektar den  
Sonnenstrahlen ausgesetzt. Da nun das Zusammenrollen der  
gebleichten Stücke behufs ihres Rücktransportes in die Fa-  
brik eine sehr umständliche Arbeit ist, so kam Clovis Dupuy,  
der Oberingenieur des Etablissements, auf den Gedanken, diese  
Operation mittels eines Mechanismus auszuführen und densel-  
ben auf einer auf Schienen laufenden Lokomotive anzubringen,  
welche die zur Aufnahme der Feinwandrollen dienenden Wagen  
zieht. Natürlich war eine durch Dampf getriebene Lokomotive  
wegen des dabei unvermeidlichen Rauches außer Frage, und  
so kam man denn auf die Anlage einer elektrischen Eisenbahn.  
Dieselbe hat 0,8 m Spurweite und eine Gesammtlänge von  
2040 m, nämlich 500 m in gerader Linie und 21 Zweiglinien. Die  
Lokomotive ist ein einfacher bedeckter Wagen mit einer Siemens'-  
schen dynamoelektrischen Maschine, die ebenso wie bei Siemens'  
elektrischer Lokomotive Energie in Form eines elektrischen Stro-  
mes empfängt und in Form von mechanischer Arbeit wieder  
abgibt, indem sie die Räder der Lokomotive bewegt. Den  
Strom liefert eine Batterie von 60 Faure-Elementen, die in  
einen besondern Tender stehen. Je 6 Zellen Reynier'schen Kon-  
struktion stehen in einem Korbe, und der Tender enthält in  
drei übereinander befindlichen Fächern 10 solche Körbe, in jedem  
der untern 4, im obern 2 Körbe. Alle 60 Akkumulatoren wie-  
gen zusammen 500 kg, das Gewicht der Lokomotive beträgt  
weniger als 1000 kg, das des Tenders 700 kg, das eines be-  
ladenen Wagens 800 kg. Ein beladener Zug wiegt ungefähr  
6400 kg. Die Ladung der Batterie erfolgt in der Fabrik in  
Zeit von 5 bis 8 Stunden durch eine Gramme'sche Maschine,  
welche dort seit 1879 zur Beleuchtung des Etablissements mit  
11 Reynier-Lampen dient. Die Geschwindigkeit der Züge geht  
bis 12 km in der Stunde, eine größere ist nicht erforderlich.  
Die Akkumulatoren reichen für 3 Stunden aus.

Wenn der leere Zug auf dem Bleichplan angelangt ist,  
so wird die Bewegung der dynamoelektrischen Maschine auf

1) Beschreibung nebst Abbildungen von Gaston Tissandier in  
„La Nature“, darnach in der engl. Zeitschrift Nature XXVI, p. 156.

ein Paar Haspel übertragen, die auf der Lokomotive angebracht sind und durch welche die Leinwandstücke dem Arbeiter auf einem der Wagen zugeführt werden, welcher sie entsprechend zusammenlegt. Wenn die Leinwandstücke mit ihren Enden verbunden sind, so kann ein einziger Arbeiter 5000 m Leinwand in Zeit von 30 Minuten verpacken, während er früher 11 Stunden dazu brauchte.

Das Faure'sche Element ist in neuerer Zeit mehrfach modificiert worden, ohne daß man das Princip desselben verlassen hätte. Man hat hauptsächlich nur die Mängel der ursprünglichen Elemente, großen Umfang und bedeutendes Gewicht, leichtes Ablösen der Mennige von den Platten u. a., zu vermeiden gesucht. E. Volkman und J. S. Sellon habe zu dem Zwecke durchlöcherter, geriefte und gerauhete oder aufgeschlitzte Bleiplatten angewandt, in denen das Bleioryd fester sitzt. Nicolas de Kabath dagegen bedient sich dünner Platten von geriefstem und rauhgemachtem Blei, die in schmale Streifen geschnitten und zwischen stärker durchlöcherter stärkere Bleiplatten verpackt sind, so daß schmale Kästen gebildet werden, in deren Innern sich das Bleioryd befindet und die von der Flüssigkeit durchdrungen werden.

Ein anderer Gedanke ist es, welcher der Einrichtung der folgenden Batterie zu Grunde liegt.

Akkumulatoren von Henry Sutton.<sup>1)</sup> Die Aufspeicherung der Elektrizität in Bleizellen wird bedeutend verstärkt, wenn man die positiven Bleiplatten mit Quecksilber amalgamiert, zumal wenn als negative Elektrode ein Metall genommen wird, das in der benutzten Flüssigkeit löslich ist und auch sich wieder aus ihr abscheiden läßt. Zweckmäßig wählt man zur negativen Elektrode Blei, Eisen oder Kupfer, in einer Salzlösung des betreffenden Metalles stehend. Die besten Resultate erhielt Sutton bei Anwendung amalgamierter Bleiplatten und Kupferplattten, die in Kupfervitriol tauchten. Beide Plattten eines Paares sind spiralförmig zusammengerollt, mit Löchern versehen und durch Kautschuklagen von einander getrennt, welche ungefähr aller 10 cm eingeschnitten sind, damit die Flüssigkeit besser circulieren kann.

1) Proceedings of the Royal Society, Vol. 33, Nr. 217, p. 187. Nature. XXV, p. 198.

Wie bei Faure's Batterie verbindet sich bei der Ladung der Sauerstoff der sich zersetzenden Lösung mit dem Blei, und es entsteht eine unlösliche Schicht Hyperoxyd auf der Bleiplatte, während der Wasserstoff an die Stelle des Kupfers tritt, welches sich abscheidet und an der negativen Platte niederschlägt, wobei die Flüssigkeit sich immer mehr entfärbt.

Beim Entladen der Batterie geht der umgekehrte Prozeß von statten, es bildet sich wieder Kupfervitriol und die Flüssigkeit färbt sich tiefer und tiefer blau. Es bietet daher die Färbung der Flüssigkeit ein Merkmal dafür, ob die Batterie geladen oder entladen ist.

Sutton hat seiner Batterie eine innere Tiese und einen Durchmesser von 100 mm gegeben. Dieselbe soll bei stundenlanger Konstanz bedeutende Kraft entwickeln, die der Menge des zersetzten Kupfervitriols entspricht. Bei Benutzung von  $\frac{1}{4}$  l Kupfervitriol soll die Wirkung während zweier Stunden hinreichen, um einen Eisendraht von 25 mm Länge und 0,4 mm Stärke zum Glühen zu bringen.

Ein ähnliches Princip liegt auch der sekundären Batterie der Société d'Electricité (Procédés Jablochhoff) in Paris zu Grunde (Deutsches Reichs-Patent Nr. 16319 vom 27. April 1881). Während Planté und Faure Elektroden mit einem schwammigen Ueberzug von Metalloxyd anwenden, haben bei dieser Batterie die Elektroden eine polierte Oberfläche, und ihre Polarisationsfähigkeit wird erhöht dadurch, daß sie von einer Schicht öliger, fetter oder harziger Körper umgeben sind, als welche besonders Kohlenwasserstofföle bezeichnet werden. Die Flüssigkeit schwimmt auf einer niedrigen Wasserschicht; die beiden spiralförmig gewundenen Platten aus poliertem Metall, z. B. Silber, tauchen so tief ein, daß ihr unterster Theil noch in das Wasser reicht.

Vor dem Uebergang zur Besprechung neuer dynamoelektrischer Maschinen mögen die nachstehenden Untersuchungen noch einen Platz finden.

Elektrische Eigenschaften des Indiums.<sup>1)</sup> Eine im Besitz des königlichen Oberhüttenamtes zu Freiberg befindliche, etwas größere Menge von Indium bot dem Professor

1) Annalen der Physik und Chemie. N. F. Bd. XIV, S. 504.

Th. Erhard Gelegenheit, einige elektrische Konstanten dieses Metalles zu ermitteln, über dessen physikalische Eigenschaften bis jetzt wenig bekannt ist.

1) Leitungswiderstand. Einige Schwierigkeit verursachte die große Weichheit des Materials, welche sowohl ein Ziehen zu Draht als ein Verbinden durch Schraubenklemmen verbot, letzteres, weil jede Erschütterung die Verbindung lockerte, also ein variabler Widerstand an der Verbindungsstelle entstehen mußte. Der Draht wurde deshalb in der Weise hergestellt, wie künstlicher Bleidraht, nämlich durch Pressen durch eine in Stahl gebohrte kreisförmige Oeffnung, wozu der Druck einer kleinen hydraulischen Presse vollkommen genügte. Dieser Draht wurde über ein aus Glasstäben gebildetes Gestell schraubenförmig aufgewickelt und die Verbindung mit den Zuleitungsdrähten dadurch hergestellt, daß die erst mit feinem Draht zusammengebundenen Drahtenden galvanisch stark verkupfert wurden. Die Länge des Versuchsdrahtes ward vor und nach der Widerstandsmessung bestimmt, und da sich durch das Auf- und Abwickeln eine merkliche Verlängerung ergab (von 1805,0 mm auf 1809,9 mm nach der Messung), der Mittelwerth in Rechnung gesetzt. Der Querschnitt folgt aus dem absoluten Gewicht und aus dem corrigierten specifischen Gewichte von 7,295 zu 0,5205 qmm. Während der Messung befand sich der Draht in einem Petroleumbad, welches regelmäßig umgerührt und durch ein Wasserbad erhitzt wurde.

Aus den enthaltenen Messungsergebnissen ergibt sich für den specifischen Widerstand  $s$  (der des Quecksilbers = 1 gesetzt) bei der Temperatur  $t$ :

$$s = 0,08903 (1 + 0,004744 t);$$

doch zeigen die Differenzen der berechneten und beobachteten Werthe von  $s$  eine solche Regelmäßigkeit, daß wohl anzunehmen ist, daß vorstehende Formel besser durch eine andere von der Form  $s = a + bt + ct^2$  zu ersetzen wäre, deren Berechnung aber unterlassen ward, da sich die Differenzen nur wenig über die Beobachtungsfehler erheben.

Dadurch ist jedenfalls festgestellt, daß auch das Indium sich nicht der vielfach angenommenen Regel fügt, wonach reine Metalle für die Widerstandsveränderung durch Temperaturdiffe-

renzen einen dem Ausdehnungskoeffizienten der Luft nahen Koeffizienten besitzen sollen.

2) Thermoelektrische Stellung. Da das Verhalten der verschiedenen Metalle von vielerlei Umständen abhängt, so wurde eine größere Zahl von Metallen mit dem Indium kombiniert, und zwar Eisen (möglichst weicher Draht), Zinn (australisches), Aluminium (gewöhnliches käufliches), Kupfer (käuflicher Draht von spezifischem Widerstand 0,002, Quecksilber = 1), Gold und Silber (beide chemisch rein) und endlich Zink (schmale Blechstreifen). Die Verbindung mit dem Indium erfolgte durch Umwickeln der zusammengelegten Drahtenden mit dünnem Kupferdraht, ohne Verkupferung, da hier ein konstanter Widerstand nicht nöthig war, denn die Messung der elektromotorischen Kraft geschah durch Kompensation mittels eines Normal-Daniell (amalgamiertes Zink, Zinkvitriollösung von 20 Proc. Gehalt, konzentrierte Kupfervitriollösung, Kupfer). Die Resultate der Messung waren die nachstehenden:

a. Indium, Eisen.

|              |   |     |           |       |                   |
|--------------|---|-----|-----------|-------|-------------------|
| Temperaturen | 0 | und | 98,05° C. | Kraft | 0,000 739 Daniell |
| =            | 0 | =   | 76,95     | =     | 0,000 592         |
| =            | 0 | =   | 36,3      | =     | 0,000 298         |

Stromrichtung in der warmen Löthstelle vom Indium zum Eisen.

b. Indium, Aluminium.

|              |   |     |          |       |                   |
|--------------|---|-----|----------|-------|-------------------|
| Temperaturen | 0 | und | 98,6° C. | Kraft | 0,000 271 Daniell |
| =            | 0 | =   | 77,0     | =     | 0,000 216         |
| =            | 0 | =   | 37,8     | =     | 0,000 106         |

Stromrichtung in der warmen Löthstelle vom Aluminium zum Indium.

c. Indium, Zinn.

|              |   |     |          |       |                   |
|--------------|---|-----|----------|-------|-------------------|
| Temperaturen | 0 | und | 98,6° C. | Kraft | 0,000 236 Daniell |
| =            | 0 | =   | 77,0     | =     | 0,000 184         |
| =            | 0 | =   | 37,5     | =     | 0,000 088         |

Stromrichtung in der warmen Löthstelle vom Zinn zum Indium

d. Indium, Kupfer.

|              |   |     |          |       |                   |
|--------------|---|-----|----------|-------|-------------------|
| Temperaturen | 0 | und | 98,7° C. | Kraft | 0,000 157 Daniell |
| =            | 0 | =   | 77,0     | =     | 0,000 126         |
| =            | 0 | =   | 36,0     | =     | 0,000 061         |

Stromrichtung in der warmen Löthstelle vom Indium zum Kupfer.

e. Indium, Gold.

Temperaturen 0 und  $98,6^{\circ}$  C. Kraft 0,000 050 Daniell

= 0 =  $77,1$  = = 0,000 028 =

= 0 =  $36,5$  = = unter 0,000 005 D.

Stromrichtung in der warmen Löthstelle vom Indium zum Gold.

Bei kleinen Temperaturdifferenzen (z. B. 0 und  $10^{\circ}$  C.) zeigte sich eine schwache elektromotorische Kraft in entgegengesetzter Richtung. Nach der Formel von Avenarius verschwindet der Strom bei den Temperaturen 0 und  $25,5^{\circ}$  C.

f. Indium, Silber.

Temperaturen 0 und  $98,6^{\circ}$  C. Kraft 0,000 038 Daniell

= 0 =  $77,0$  = = 0,000 023 =

= 0 =  $36,6$  = = 0,000 007 =

Stromrichtung in der warmen Löthstelle vom Indium zum Silber.

Nach der Formel von Avenarius verschwindet der Strom bei den Temperaturen 0 und  $-1,9^{\circ}$  C.

g. Indium, Zink.

Hierbei zeigte sich die elektromotorische Kraft so klein, daß sie nicht meßbar war. Doch war deutlich zu erkennen, daß ungefähr bei den Temperaturen 0 und  $75^{\circ}$  kein Strom auftrat, und daß bei höherer Temperatur der warmen Löthstelle in dieser der Strom vom Indium zum Zink, bei niedrigerer Temperatur derselben umgekehrt ging.

Aus Vorstehendem geht hervor, daß die bei den Messungen benutzten acht Metalle sich bei den Temperaturen der Löthstellen 0 und  $98,6^{\circ}$  C. in folgender Reihe:

— Al, Sn, I, Zn, Ag, Au, Cu, Fe +

bei kleiner Differenz der Löthstellentemperaturen z. B. 0 und 5 oder  $10^{\circ}$  C.) dagegen folgendermaßen:

— Al, Sn, Au, Zn, I, Ag, Cu, Fe +

anordnen.

3) Ueber die Wirkungen beim Kontakt des Indiums mit Flüssigkeiten konnte nur wenig ermittelt werden, da nur etwas sublimiertes Chlorindium zu Gebote stand. Mit demselben wurde die elektromotorische Kraft der Kombinationen

|         |              |                |         |
|---------|--------------|----------------|---------|
| Indium, | Chlorindium, | Chlorzink,     | Zink,   |
| =       | =            | Kupferchlorid, | Kupfer, |
| =       | =            | Eisenchlorid,  | Eisen   |

gemessen, und es ergab sich, daß in dem Element I/Zn das Indium den positiven, in den Elementen I/Fe und I/Cu dagegen den negativen Pol bildete. Die elektromotorischen Kräfte waren für die Kombinationen:

I/Zn 0,331', Fe/I 0,160, Cu/I 0,584 Daniell.

Von diesen drei Werthen stimmen die für Zn und Cu gut mit dem von F. Strein<sup>1)</sup> für Zn/Cu gefundenen Betrage 0,90 D. überein. Die Zahl für Fe/Zn differiert allerdings merklich, allein gerade diese Kombination zeigte sich bei den früheren Messungen auch als die variabelste von allen, wodurch sich die Verschiedenheit der Resultate wohl erklärt.

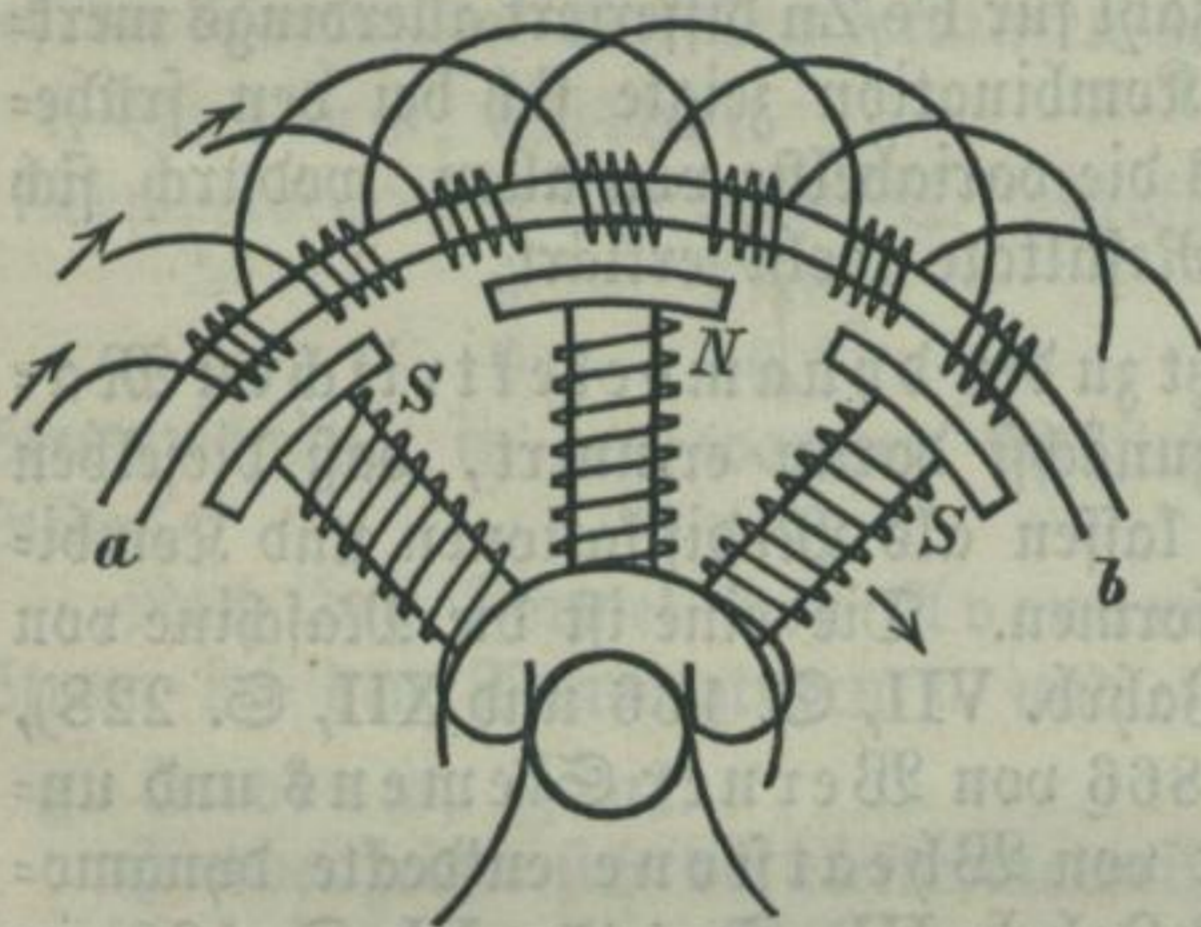
Indem wir uns jetzt zu den dynamoelektrischen Maschinen wenden, sei zunächst daran erinnert, daß dieselben sich fast alle betrachten lassen als Modifikationen und Kombinationen zweier Grundformen. Die eine ist die Maschine von Gramme (vgl. dieses Jahrb. VII, S. 166 und XII, S. 228), in welcher zuerst das 1866 von Werner Siemens und ungefähr um dieselbe Zeit von Wheatstone entdeckte dynamoelektrische Prinzip (dieses Jahrb. III, S. 147; VI, S. 138) in Verbindung mit dem „Quer-Elektromagnet“ Pacinotti's (dieses Jahrb. XII, S. 224) oder, wie man ihn jetzt nennt, mit dem Pacinotti'schen Ringe in Anwendung gebracht worden ist. Die andere Grundform wird durch die Maschine von Hefner-Alteneck (dieses Jahrb. XII, S. 233) dargestellt.

Die Gramme'sche Maschine ist charakterisiert durch eine auf einen cylindrischen Ring von weichem Eisen aufgewickelte Kupferspirale ohne Ende, die als Anker vor dem Polen eines Magneten rotiert. Bei der Rotation wird der weiche Eisenring zu einem Elektromagnet, dessen Pole der Rotationsrichtung entgegen laufen, und in der Kupferumwindung wird ein Strom von beständig gleichbleibender Richtung erzeugt. Als Fab-Loßkoff mit seinen elektrischen Kerzen (dieses Jahrb. XIV, S. 239) diese erste gelungene Probe einer Theilung des elektrischen Lichtes gab, machte sich aber wegen des ungleichen Ab-

1) Carl's Repert. XV, S. 6. 187.

brennens der beiden Kerzen die Nothwendigkeit der Erzeugung von galvanischen Strömen mit rasch wechselnder Richtung geltend. Gramme, wie auch Siemens und später auch Andere konstruirten darauf Wechselstrommaschinen. Das Prinzip der Gramme'schen Maschine für Wechselströme besteht in der Umdrehung einer Anzahl sternförmig geordneter Elektromagnete mit verbreiterten Polen, die in wechselnder Reihenfolge stehen (vgl. die Skizze Fig. 36, wo N und S Nord- und Südpol bedeuten), im Innern eines feststehenden Eisenringes a b,

Fig. 36.



dessen Drahtumwicklung in einzelne isolierte Gruppen, gesonderte Stromkreise bildend, zerfällt, die ihre besondern, feststehenden Polklemmen haben. Indem nun die abwechselnden Magnetpole vor der Innenseite einer Gruppe vorübergehen, werden in der Drahtleitung

Ströme von abwechselnder Richtung erregt. Der Strom zur Polarisation der rotierenden Elektromagnete wird von einer besondern kleinen dynamoelektrischen Maschine erzeugt und durch Schleiffedern und Ringe den Umwicklungen der Elektromagnete zugeführt.

Ähnlich mit der Gramme'schen Anordnung ist die Wechselstrommaschine von Lontin, bei welcher ein Rad von Elektromagneten sich in einem feststehenden Rade von Elektromagneten dreht.

Die Pariser elektrische Ausstellung hatte noch verschiedene andere Wechselstrommaschinen aufzuweisen, so von Kremenezki und von Lachaussée-Lambotte, bei denen, nur in verschiedener Anordnung, Rollen, die etwas Eisen enthalten, sich vor einem Rade von Elektromagneten drehen; ferner die Maschine von Bertin und de Meritens<sup>1)</sup>, welche ver-

1) Beschreibung und Abbildung der Maschine von de Meritens geben Alglave u. Boulard a. a. O. S. 318 u. f.



schiedene Combinationen des Pacinotti'schen Ringes mit der alten Maschine der Gesellschaft „Alliance“ (s. dieses Jahrb. I, S. 169) zeigen, bei welcher Rollen mit Eisenkernen durch magnetische Felder geführt werden; die Maschine von Jablowskoff, bei welcher die feststehenden Elektromagnete einfache Stabform haben, die drehbaren aber bewickelte Platten bilden und schief gestellt sind, so daß jeder gleichzeitig der Einwirkung mehrerer feststehender Elektromagnete ausgesetzt ist.

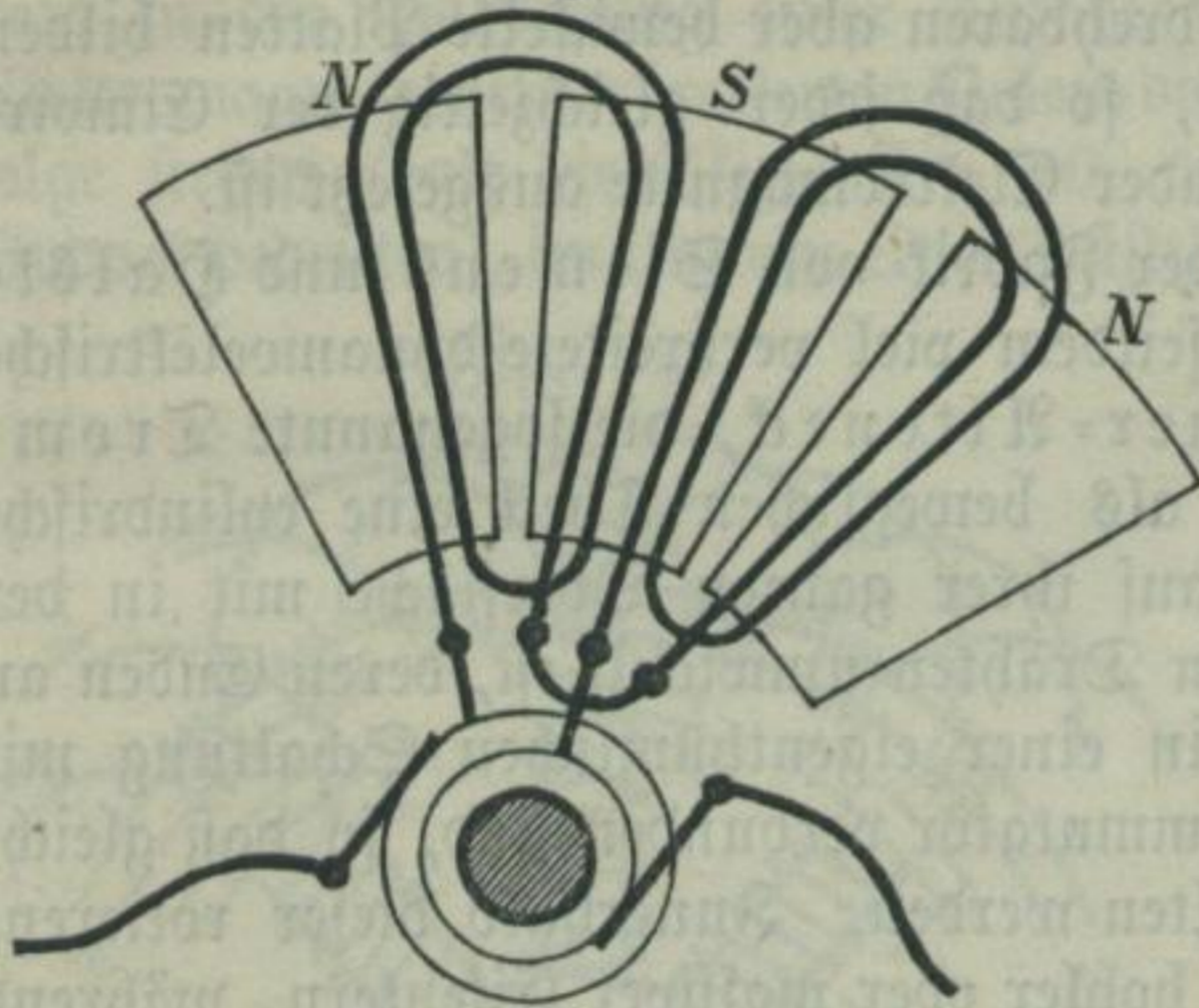
Die 1873 aus der Fabrik von Siemens und Halske hervorgegangene und seitdem viel verbreitete dynamoelektrische Maschine von v. Hefner-Alteneck, die sogenannte Trommelmaschine, hat als beweglichen Theil eine cylindrische Blech-Trommel, die auf ihrer ganzen Oberfläche mit in der Längsrichtung liegenden Drähten umwickelt ist, deren Enden an der einen Stirnfläche in einer eigenthümlichen Schaltung mit einem vieltheiligen Kommutator verbunden sind, so daß gleichgerichtete Ströme erhalten werden. Innerhalb dieser rotierenden Trommel liegt ein hohler oder massiver Eisenkern, während ihr zur Seite hufeisenförmige Elektromagnete liegen, die oben und unten durch gebogene Eisenstücke verbunden sind, welche die Trommel auf  $\frac{2}{3}$  ihres Umfanges umgeben.

Die Wechselstrommaschine von Siemens und Halske <sup>1)</sup> enthält zwei Systeme von starken Eisenmagnetpolen, welche in je einer Ebene im Kreise herumliegen, einander zugekehrt sind und einen nicht zu weiten Abstand zwischen sich lassen. Die Pole sind derart vertheilt, daß jeder Pol zwischen zwei ungleichnamigen und auch einem solchen gegenüberliegt. Zwischen den einander gegenüberliegenden Magnetpolen treten dann kräftige sogenannte magnetische Felder auf, und durch dieselben hindurch rotieren eigenthümlich geformte flache Drahtspulen ohne Eisenkern. In der Skizze in Fig. 37 sind zwei solche angedeutet, indessen der Einfachheit halber jede nur durch zwei Umwindungen. Dieselben sind in dem Momente gezeichnet, in welchem die eine Hälfte jeder Spule zwischen dem einen Polpaare, die andere Hälfte zwischen dem nächsten Paare steht. Es werden dann in der einen Hälfte jeder Spule aufsteigende, in der andern Hälfte absteigende Ströme induciert, welche sich

1) Elektrotechn. Ztschr. März 1880, S. 84; Mai 1881, S. 163.

gegenseitig verstärken. Wenn aber bald darauf jede Spule ganz in ein magnetisches Feld tritt, so werden in beiden Hälften einer Spule abwärts gerichtete, in beiden Hälften der nächsten Spule aber aufwärts gerichtete Ströme erzeugt, und dann

Fig. 37.



heben sich die Ströme innerhalb jeder Spule auf. Bald nachher verstärken sich wieder die Ströme jeder Spule, haben aber die entgegengesetzte von der anfänglichen Richtung. Da nämlich die Anzahl der rotierenden Spulen und der magnetischen Felder gleich groß ist, so wechselt der elektrische Strom in

allen Spulen gleichzeitig seine Richtung. Entsprechend den verschiedenen Polaritäten in zwei benachbarten magnetischen Feldern sind auch die Richtungen der Ströme, von denen zwei benachbarte Spulen durchlaufen werden, einander entgegengesetzt. Die Enden der Spulenumwicklung sind aber derart mit einander verbunden, daß man beim Verfolgen des durch sie gebildeten Stromwegs jede Spule in einem andern Sinne als die vorhergehende umkreisen würde, so daß sich also die in den einzelnen Spulen gleichzeitig auftretenden Stromimpulse in ihrer Wirkung summieren. Anfang und Ende des durch alle Spulen oder auch durch je eine Anzahl gebildeten Leitungskreises sind mittels Schleifringe und Schleiffedern nach Außen geführt.

Im äußern Ansehen fast mit dieser Wechselstrommaschine übereinstimmend ist die

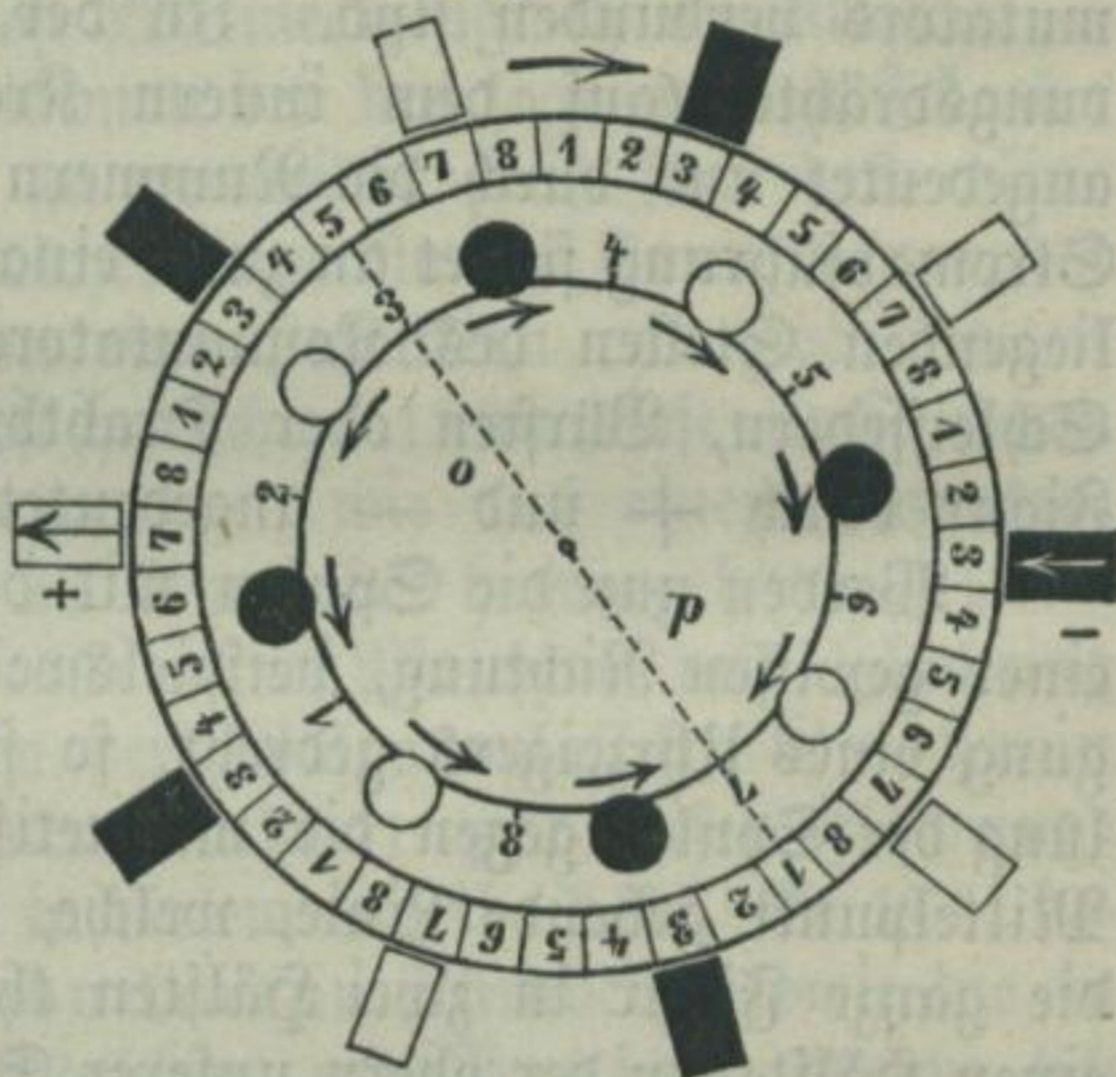
Neue dynamoelektrische Maschine für kontinuierlichen Strom von Siemens und Halske<sup>1)</sup>; dieselbe unterscheidet sich aber von jener wesentlich dadurch, daß nicht gleichviel magnetische Felder und Spulen vorhanden sind. Die Zahlen können mannichfach verändert werden; wir wollen

1) Elektrotechn. Ztschr. Mai 1881, S. 163.

beispielsweise annehmen, es seien 10 magnetische Felder und 8 Spulen vorhanden, welche Annahme auch der Skizze Fig. 38 zu Grunde liegt. Die in verschiedenem Sinn umwickelten Spulen sind hier durch schwarze und durch weiß gelassene Kreise angedeutet, die magnetischen Felder durch schwarze und weiße Vierecke. Es muß aber hervorgehoben werden, daß diese Figur nur die Winkelabstände der einzelnen Theile richtig darstellt, während übrigens die letzteren des besseren Verständnisses wegen gänzlich aus ihrer Lage verschoben sind.

Da die magnetischen Felder in anderem Abstände von einander stehen als die rotierenden Spulen, so kommen von den 8 Spulen immer nur zwei

Fig. 38.



einander gegenüberliegende gleichzeitig ganz in die betreffenden magnetischen Felder zu liegen, während zu derselben Zeit die übrigen Spulen noch einen größern oder kleinern Abstand von den ihnen jeweilig am nächsten liegenden magnetischen Feldern haben. Es treten daher bei der Drehung der Spulenscheibe die Maxima der Stromimpulse nicht mehr, wie bei der Wechselstrommaschine, zu gleicher Zeit ein, sondern in den auf einander folgenden Spulen in nach einander folgenden Zeiten. Es handelt sich nun darum, alle diese Stromimpulse zu einem kontinuierlichen Strom zu sammeln, und zwar derart, daß nie verschiedene Stromimpulse einander entgegenwirken und sich aufheben.

Zu diesem Zwecke sind die Enden der Spulenumwickelungen so mit einander verbunden, daß der gesammte Draht einen kontinuierlichen, in sich geschlossenen Ring bildet, bei dessen Befolgung man jede Spule in einem andern Sinne als die vorhergehende durchlaufen würde. Es verstärken sich also die Impulse in zwei benachbarten Spulen, sobald sich dieselben gleichzeitig zwei benachbarten Feldern nähern. Die Maschine

trägt ferner auf derselben Achse, auf welcher die Spulen sitzen, einen Kommutatorcylinder, welcher 40 von einander und von der Achse isolierte Metallscheiben hat, die in der Figur zwischen dem äußern und dem mittlern Kreise angedeutet und fünfmal von 1 bis 8 numeriert sind. Die Kommutatortheile von gleicher Nummer sind zu einer Gruppe mit einander verbunden, so daß jede Gruppe 5 Kommutatortheile umfaßt, die um je 7 dazwischen liegenden Theile von einander entfernt sind. Von den Uebergangsdrahten zwischen je zwei Nachbarspulen geht nun ein Verbindungsdraht in je eine Gruppe von Kommutatortheilen, und zwar so, daß die auf einander folgenden Uebergangsdrahte auch mit auf einander folgenden Theilen des Kommutators verbunden sind. In der Figur sind diese Verbindungsdrähte (auf dem innern Kreise) durch kleine Striche angedeutet und durch die Nummern 1 bis 8 bezeichnet. Die Stromabführung findet an zwei einander diametral gegenüberliegenden Stellen des Kommutatorcylinders statt, an denen Schleiffedern, Bürsten oder Drahtbündel schleifen, die in der Figur durch + und — angedeutet sind.

Werden nun die Spulen mit dem Kommutatorcylinder in einer gewissen Richtung, beispielsweise in Richtung der Bewegung eines Uhrzeigers gedreht, so findet man bei jeder Stellung der Spulen gegen die magnetischen Felder eine durch den Mittelpunkt gehende Linie, welche, wie op in unserer Skizze, die ganze Figur in zwei Hälften theilt, dergestalt, daß in der einen Hälfte (in der obern unserer Skizze) jede Spule sich einem ungleichfarbigen Magnetfelde nähert, in der andern (hier in der untern) aber einem gleichfarbigen. Alle Spulen der einen Hälfte treiben also den positiven Strom in der einen Richtung, alle Spulen der andern Hälfte aber im entgegengesetzten Sinne weiter; es wird sonach aus beiden Hälften dem Punkte 7 positive, dem Punkte 3 negative Elektrizität zugeführt, und es muß daher in dem einen eine Anhäufung positiver, im andern eine Anhäufung negativer Elektrizität stattfinden. Unter den Schleiffedern stehen aber bei dieser Stellung die Kommutatortheile 7 und 3, und überhaupt geht immer die erwähnte Halbierungslinie durch diejenigen beiden Punkte des innern Schließungskreises, welche mit den Kommutatortheilen in Verbindung stehen, auf denen im gleichen Moment die Schleif-

federn stehen. Letztere führen also immer einen gleich gerichteten Strom in die äußere Leitung.

Diese neue Maschine hat das Wesentliche der Anordnung und in Folge davon auch gewisse Vorzüge mit der Siemens und Halske'schen Wechselstrommaschine gemein, bezüglich welcher wir auf die Hefner-Alteneck'sche Auseinandersetzung a. a. D. verweisen.

Die Gramme'schen Maschinen mit kreisförmigem Pacinotti'schen Ring haben den Uebelstand, daß die Pole der Elektromagnete nur auf die äußeren Drahtwindungen des Ringes inducierend wirken, während die übrigen Theile desselben fast gar nicht erregt werden, daher nur den Widerstand der Stromleitung erhöhen und nutzlose Wärmeerzeugung veranlassen.

Diesen Nachtheil suchte man bei den sogenannten Flachringmaschinen dadurch zu vermeiden, daß statt des cylinderförmigen Ringes ein solcher von flacher Form verwendet wurde, dessen Umwindungen eine Induktion von zwei Seiten gestatten. Gramme selbst hat schon 1869 diese flache Form des Ringes in Aussicht genommen, wie aus einem Patentgesuch mit Abbildungen vom 22. November hervorgeht, und 1874 haben Siemens u. Halske eine Maschine mit Flachring konstruirt, die nachher von dem Galvanoplastiker Grohe in Berlin in Betrieb genommen wurde.<sup>1)</sup> Zu diesen Flachringmaschinen gehört auch die in diesem Jahrb. XIII, S. 165 beschriebene Maschine von Schuckert in Nürnberg, sowie die in Amerika weit verbreitete Maschine von Brush<sup>2)</sup>, welche sich durch eigenthümliche Konstruktion des rotierenden Ringes und des Kommutators auszeichnet. Der Ring ist aus Gußeisen und hat auf seinen äußeren drei Flächen tiefe konzentrische Rinnen, welche das Auftreten von Induktionsströmen im Ringe, sowie die dadurch bewirkte Schwächung des Stromes und Erhitzung verhindern, dann aber auch eine Abkühlung der Bewicklung durch Luftcirculation bewirken sollen. Der Ring ist

1) Vgl. Beschreibung und Abbildung dieser Maschine, sowie Abbildung der Gramme'schen in der Elektrotechn. Ztschr. Nov. 1880, S. 396.

2) Vgl. die Beschreibung mit Abbild. von Richter in der Elektrotechnischen Ztschr. Mai 1882, S. 193: Alglave et Boulard, la lumière électr. p. 308; etwas abweichend ist die in Urbanitzky's Schrift „Die elektr. Beleuchtung“, S. 80 beschriebene und abgebildete Maschine.

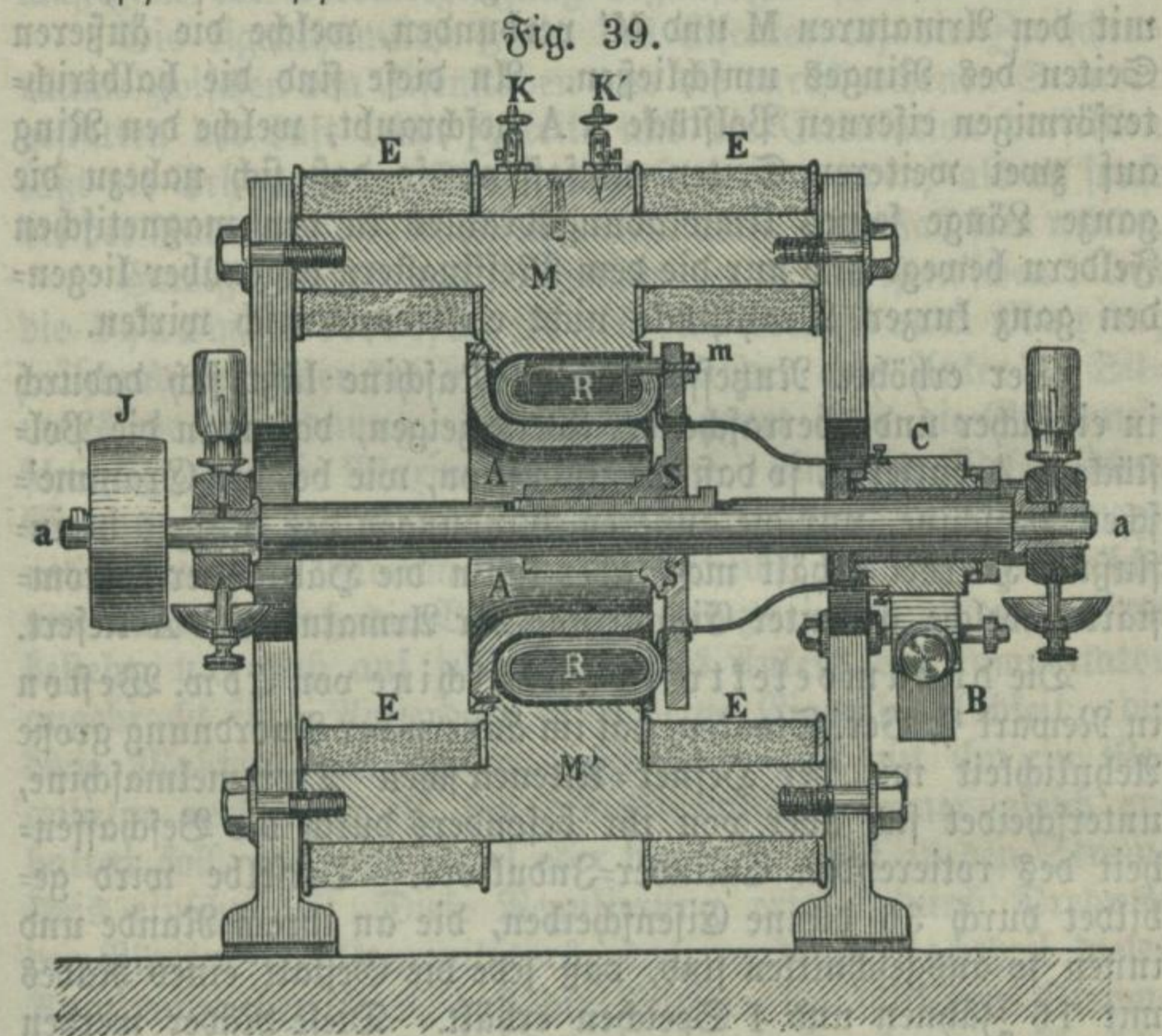
nicht vollständig bewickelt, sondern die Bewickelung liegt in tiefen Einschnitten der oberen Ringsflächen von rechteckigem Querschnitt, und zwischen den einzelnen Theilen oder Spulen derselben sind freie Eisenflächen vorhanden, ähnlich wie bei der ursprünglichen Pacinotti'schen Maschine. Die Umwicklung ist bei den verschiedenen Spulen in derselben Richtung erfolgt, und es sind die inneren Drahtenden von je zwei gegenüberliegenden Spulen mit einander verbunden, während die äußeren Drahtenden durch die Achse nach dem Kommutator geführt werden, wo sie an zwei einander diametral gegenüberstehende Theile angeschlossen sind; von hier wird der Strom durch tangential anliegende, aus geschlizten Kupferblechen bestehende Bürsten abgeführt. Der Flachring rotiert zwischen zwei kräftigen hufeisenförmigen horizontalen Elektromagneten, die, wie bei allen Flachringmaschinen, einander gleiche Pole zuehren. Damit der Ring den Polschuhen möglichst nahe gebracht werden kann, ist die Maschinenachse gegen Längsverschiebungen gesichert, indem ihre ungewöhnlich langen Lager als Kammlager ausgeführt sind, wie dies bei den Wellen der Schraubendampfer üblich ist. Die ringförmig gestalteten Polschuhe bedecken den Ring auf jeder Seite auf  $\frac{3}{8}$  seines Umfanges und lassen nur ein Spulenpaar, welches eben durch die neutralen Stellen der magnetischen Felder geht, frei.

Der Flachring hat aber wieder den Uebelstand, daß die Drahtwindungen radial auseinander gehen, weshalb der Ring, um einen Draht von derselben Gesamtlänge und der gleichen Windungszahl aufzunehmen, einen ungleich größeren Durchmesser als der cylinderförmige erhalten muß. Hierdurch entsteht aber, besonders unter der Einwirkung der Magnete, ein bedeutend größerer Widerstand gegen die Bewegung, so daß der Flachring verhältnismäßig mehr Kraft zu seiner Rotation erfordert, als der cylinderförmige.

Diese Uebelstände sind bei der dynamoelektrischen Maschine von W. E. Fein in Stuttgart <sup>1)</sup> (Deutsch. Reichs-Pat. Nr. 13158 vom 25. Mai 1880) dadurch vermieden worden, daß die Cylinderform des Ringes beibehalten, derselbe aber auf eine eigenthümliche

<sup>1)</sup> Elektrotechn. Ztschr. Juni 1881, S. 197.

Weise auf der Rotationsachse befestigt ward, durch welche es, unter gleichzeitigem Anbringen von entsprechend geformten Armaturen möglich ist, beinahe die ganze Länge seiner Drahtwindungen der Wirkung der Magnete auszusetzen, so daß der Kraftverlust durch Wärmeerregung möglichst klein wird, während gleichzeitig auch der verhältnismäßig kleine Durchmesser des Ringes seine Rotationsfähigkeit möglichst wenig beeinträchtigt. Fig. 39 zeigt den Durchschnitt dieser Fein'schen dynamoelektrischen Maschine.



Der mit den Drahtwindungen versehene cylindrische Ring R R ist mittels Schrauben und Muttern an dem Messingstern S S befestigt, welcher, mit einer Büchse versehen, auf der Achse a a festgekeilt ist und durch die Riemenscheibe J in Rotation versetzt wird. Die Enden der einzelnen Drahtspiralen gehen theils durch isolierte Oeffnungen, welche sich in den Speichen des Sternes befinden, theils zwischen diesen zu dem auf der rechten Seite des Apparates befestigten Kommutator C, der,

um leicht zugänglich zu sein, auf der verlängerten Achse außerhalb des Gestelles angebracht ist.

Zur Ableitung des Stromes steht der Kommutator in der allgemein üblichen Weise mit den Schleifbürsten B in Verbindung. Der Ring selbst ist zur Beseitigung der Foucault'schen Ströme und der hierdurch entstehenden Wärmeerzeugung aus einer größeren Anzahl ganz dünner, von einander isolierter Eisenscheiben hergestellt.

Die Eisenkerne der Elektromagnete E und E sind ferner mit den Armaturen M und M' verbunden, welche die äußeren Seiten des Ringes umschließen. An diese sind die halbtrichterförmigen eisernen Polstücke A A geschraubt, welche den Ring auf zwei weiteren Seiten umfassen, so daß sich nahezu die ganze Länge seines Umwindungsdrahtes in den magnetischen Feldern bewegt und nur die dem Messingstern gegenüber liegenden ganz kurzen Drahtstücke nicht elektromotorisch wirken.

Der erhöhte Nutzeffekt dieser Maschine läßt sich dadurch in einfacher und überraschender Weise zeigen, daß man die Polstücke A A entfernt, so daß die Induktion, wie bei der Gramme'schen Maschine, nur die äußeren Windungen des Ringes beeinflusst. Hierbei erhält man aber kaum die Hälfte der Stromstärke, welche sie unter Einwirkung der Armaturen A A liefert.

Die dynamoelektrische Maschine von Edw. Weston in Newark<sup>1)</sup>, Ver. Staaten, hat im äußern der Anordnung große Ähnlichkeit mit der Hefner-Alteneck'schen Trommelmaschine, unterscheidet sich aber von ihr besonders durch die Beschaffenheit des rotierenden Cylinder-Induktors. Derselbe wird gebildet durch 36 dünne Eisenscheiben, die an ihrem Rande und innen so ausgeschnitten sind, daß jede die Gestalt eines Rades mit 16 Zähnen und 4 Speichen erhält. Diese Räder werden mit Einschaltung kleiner Zwischenstücke neben einander auf die Rotationsachse aufgesetzt, so daß die Zähne in geraden Linien parallel zur Achse liegen und daß auf der Mantelfläche des auf diese Art gebildeten Cylinders 16 Längsrinnen entstehen, in welche die Drahtwindungen zu liegen kommen, die ähnlich

1) A. v. Urbanitzky, die elektrische Beleuchtung. Wien, 1882, S. 83. Alglave et Boulard, la lumière électrique. Paris 1882, p. 289.



wie bei der Hefner-Alteneck'schen Maschine mit einem Kommutator verbunden sind.

Die Elektromagnete bestehen aus einzelnen gußeisernen Stäben, die an zwei vertikalen, vielfach durchbrochenen Stäben in horizontaler Lage befestigt sind. Die einander zugekehrten Stabenden sind durch schmiedeeiserne Bogen verbunden, mit Ausnahme der zwei äußersten Paare; diese tragen ellipsoidisch gestaltete Eisenstücke, da nach Westons Angabe dies die Regelmäßigkeit der Stromerzeugung begünstigen soll.

Die eigenthümliche Form des Eisenkernes, die Zwischenräume zwischen den Eisenstäben und die durchbrochenen Ständer gestatten der Luft leicht Zutritt und die Circulation derselben läßt die Erhitzung der Theile nicht so groß werden, als es sonst bei der Rotation so beträchtlicher Eisenmassen der Fall sein würde.

Gewissermaßen das Gegenstück zu der Weston'schen bildet die dynamoelektrische Maschine von Hiram Maxim; während bei jener der bewegliche Cylinder oder Anker die Siemens'sche Anordnung, der Elektromagnet aber die Gramme'sche zeigt, hat die Maxim'sche Maschine <sup>1)</sup> einen im Wesentlichen Gramme'schen Anker mit Siemens u. Halske'schem Elektromagnet. Von dem Gramme'schen unterscheidet sich der Maxim'sche nur dadurch, daß die Bewicklung aus zwei getrennten Hälften besteht, und daß auf jeder Seite des Ankers ein Kommutator angebracht ist. Außerdem ist es eine Eigenthümlichkeit, die diese Maschine vor andern auszeichnet, daß mit ihr ein Regulator verbunden ist, der die Stromstärke immer gleich erhalten soll, mag man viel oder wenig Lampen in den Stromkreis einschalten. Diese Regulierung erfolgt durch Drehung der Bürsten des Kommutators; doch wird als Nachtheil dieser Anordnung bezeichnet, daß die Bürsten bei mittlerer Stromstärke nicht an der Stelle stehen, wo die Funken am schwächsten sind.

Die Dynamomaschine von Bürgin <sup>2)</sup> hat auf ihrer Rotationsachse 8 sternförmige Träger von je 6 Armen, deren jeder um  $7\frac{1}{2}^{\circ}$  gegen den vorhergehenden verstellt ist. Jeder Träger ist mit einem aus einzelnen Lamellen zusammengesetzten Eisenring in Form eines Sechsecks umspannt; um jede Seite

1) Beschreibung mit Abbild. bei Alglave u. Boulard, S. 292.

2) Dasselbst, S. 316; Urbanitzky, S. 56.

ist eine Spule gelegt, auf der ganzen Achse sitzen also 48 Spulen. Die Spulen sämtlicher Ringe sind zu einer einzigen ununterbrochenen Leitung mit einander verbunden. Von jeder Verbindungsstelle zweier Ringe führt ein Draht zu einem Segmente des Stromsammlers, welcher 8 Segmente besitzt. Die horizontal gelagerten Elektromagnete umfassen den rotierenden Anker oben und unten in mehr als  $\frac{2}{3}$  des Umfangs. Wie man sieht, hat diese Maschine principiell große Aehnlichkeit mit der Gramme'schen; wie bei dieser entsteht auch bei ihr der Strom in zwei parallel geschalteten Zweigen.

### Elektrische Beleuchtung.

Die Elektrizitätsausstellungen, welche im Sommer und Herbst vorigen Jahres in Paris, sowie im Frühjahr dieses Jahres im Krystallpalast zu Sydenham, London, abgehalten wurden, haben recht augenscheinlich die großen Fortschritte dargethan, welche in den letzten Jahren die elektrische Beleuchtung gemacht hat. Der glänzende Lichtbogen, welchen der zwischen zwei Kohlenspitzen übergehende galvanische Strom bildet, ist schon seit langer Zeit bekannt und zuerst von Sir Humphry Davy beobachtet worden. Als derselbe im Jahre 1813 die beiden Drähte seiner aus 2000 Elementen bestehenden Volta'schen Batterie an den Enden mit Kohlenspitzen versah und diese einander näherte, bis sie sich berührten, geriethen die Spitzen in Weißgluth, und als er dieselben hierauf langsam von einander entfernte, trat zwischen ihnen ein äußerst glänzender Lichtbogen, aus kleinsten, im weißglühenden Zustand befindlichen Kohlentheilchen bestehend, auf, welchen man jetzt als Volta'schen oder Davy'schen Lichtbogen bezeichnet. Trotz des glänzenden Anblickes, den dieses Experiment gewährte, blieb es doch ziemlich unbeachtet, und erst als 1820 und 1821 Davy seine Untersuchungen über das Verhalten des Lichtbogens gegen Magnete der Oeffentlichkeit übergab, erregte derselbe das Interesse der Physiker. Noch vergingen mehr als zwanzig Jahre, ehe ernstlich an eine praktische Verwendung dieses Lichtes gedacht wurde; erst in den Jahren 1842 bis 1844 stellten Deleuil Foucault und Archemeau auf dem Quai Conti und auf der Place de la Concorde in Paris Beleuchtungsversuche mit dem elektrischen Kohlenlicht an, und seitdem sind von Zeit zu

Zeit derartige Projekte wieder aufgetaucht. Auch wandte Foucault ungefähr seit der Mitte der vierziger Jahre das elektrische Licht vielfach statt des Sonnenlichts bei optischen Versuchen, besonders zur Beleuchtung in Projektionsapparaten an. In weiteren Kreisen aber wurde das Davy'sche Kohlenlicht bekannt durch die Verwendung, die es zuerst 1846 in Meyerbeers Oper „der Prophet“ zur Darstellung der Sonne fand. Seitdem wurden eigene Stücke für das elektrische Licht geschrieben, das fortan zu den wirksamsten Hilfsmitteln der Schaubühne zählt. Verwandter Art ist auch seine Verwendung (seit Anfang der sechziger Jahre) zu den angeblich 1847 von Robin erfundenen „Geistererscheinungen“ mittels schiefgestellter Spiegelglascheiben, bei dem im prachtvollen Farben spielenden „Wunderbrunnen“ zc. Weitere Verwendung fand das elektrische Licht zunächst auf Leuchttürmen seit 1863, nachdem zuerst der Pariser Gesellschaft „Alliance“ die Konstruktion magnetoelektrischer Maschinen von bedeutender Stromstärke gelungen war (vergl. den ersten Jahrg. dieses Jahrb., S. 168), der Hauptaufschwung aber datiert von der Erfindung der dynamoelektrischen Maschinen, welche die Erzeugung von elektrischen Strömen von bis dahin unbekannter Stärke ermöglichten. Mittels solcher Dynamomaschinen ist man jetzt im Stande, Davy'sche Lichtbogen von einer Lichtstärke bis zu 40 000 Normalkerzenflammen zu erhalten. Seitdem mehrten sich die Anwendungen des elektrischen Lichtes zur Beleuchtung von Plätzen, Werkstätten, Fabriken, Waarenlagern zc. zu Lichtsignalen und zur Fernebeleuchtung für Militär und Marine u. a. Mit der vermehrten Benutzung dieses Lichtes wurde aber auch in immer höherem Grade die Nothwendigkeit einer Lösung des Problems erkannt, das man als „Theilung des elektrischen Lichtes“ bezeichnet, d. h. Ersatz eines einzigen intensiven Lichtes durch eine Anzahl weniger heller und überhaupt die zweckentsprechende Vertheilung des Lichtes. Diese Aufgabe wurde schon in den Jahren 1852 — 58 von de Chanzy in Brüssel in Angriff genommen und in der Weise gelöst, daß er das Licht eines längern, durch einen kräftigen elektrischen Strom glühend gemachten Drahtes ersetzte durch mehrere kleinere Drahtglühlichter, die in dieselbe Stromleitung eingeschalten wurden. Diese Lösung war freilich für praktische Zwecke ungenügend, es stammt aber von ihr der Name für das Pro-

blem, welcher seit etwa einem halben Jahrzehnt üblich geworden ist. Die ersten neueren Versuche zur Lösung dieses wichtigen Problems sind in diesem Jahrbuche schon früher (Jahrg. XIV, S. 238; XV, S. 216) erwähnt worden; auf die neuesten Fortschritte auf diesem Gebiete wollen wir im Folgenden aufmerksam machen.

Die Lampen für elektrisches Licht, welche heutzutage im Gebrauch sind, kann man in zwei große Gruppen theilen, nämlich in solche, bei denen das Licht durch den Volta'schen Bogen zwischen zwei Kohlenspitzen erzeugt wird, und in solche, bei denen ein Leiter von großem Widerstand durch einen kräftigen Strom ins Glühen geräth. Die Lampen der ersten Gruppe zerfallen aber wieder in zwei Klassen.

Die beiden Kohlenstäbe, zwischen deren Enden sich der Lichtbogen bildet, können nämlich einander in gerader Linie gegenüberstehen; da sie aber allmählich abbrennen, und zwar die positive Elektrode ungefähr doppelt so rasch als die andere, so bedarf es einer Vorrichtung, welche die beiden Enden immer in gleichem Abstände erhält, weshalb man solche Lampen *Regulatorlampen* nennt.

Die beiden Kohlenstäbe können aber auch neben einander liegen, getrennt durch eine nichtleitende Substanz. Sendet man dann Ströme von rasch wechselnder Richtung, sogenannte *Wechselströme*, durch sie, so brennen sie gleichmäßig ab und bedürfen keiner Regulierung. Man bezeichnet solche Anordnungen als *elektrische Herzen*.

Die Lampen der zweiten Hauptgruppe bezeichnet man im Allgemeinen als *Glühlicht-* oder *Incandescenzlampen*. Auch bei ihnen kann man zwei Klassen unterscheiden:

Bei den *Glühlichtlampen* im engeren Sinne geht der Strom durch ein dünnes Stück Kohle und bringt dasselbe zum Weißglühen. Da aber an der Luft die Kohle rasch verbrennen würde, so erfolgt das Glühen in einem luftleer gemachten Glasgefäß.

Eine andere Art *Glühlicht* wird erhalten, wenn zwei in den Strom eingeschaltete Kohlenstücke sich unvollkommen berühren. Das Glühen findet hier an der Berührungsstelle, und zwar in freier Luft statt.

Wir wenden uns jetzt zunächst zu den *Regulatorlam-*

pen oder Regulatoren. Sehr lange, und selbst noch bei den im Anfang der vierziger Jahre in Paris angestellten Beleuchtungsversuchen, erfolgte die Regulierung durchweg aus freier Hand. Der erste Versuch, dieselbe durch einen Mechanismus zu bewirken, scheint 1845 von dem Engländer Thomas Wright ausgegangen zu sein, welcher den Lichtbogen zwischen den Umfängen zweier Kreisscheiben aus Kohle entstehen ließ, welche durch ein Uhrwerk bewegt wurden. Dieselbe Idee verfolgten Le Molt 1849 und Harrison 1857, doch ohne praktisches Ergebnis. Einen wirklich brauchbaren Regulator haben zuerst in der zweiten Hälfte der vierziger Jahre die Engländer Staitte und Petrie zu Stande gebracht, indem sie die Regulierung des Abstandes der Spitzen vom Strome selbst besorgen ließen. Dieses Prinzip ist seitdem bei der großen Mehrzahl der Regulatoren in Anwendung gekommen. Dasselbe läßt sich in verschiedener Weise durchführen.

Die ältesten brauchbaren Regulatoren sind so eingerichtet, daß der Strom, bevor er zu den Kohlen gelangt, erst durch die Windungen eines Elektromagneten geht. Wenn nun infolge des Abbrennens der Kohlenspitzen dieselben eine größere Entfernung erlangen, so wird der Strom schwächer, der Magnetismus des Elektromagneten nimmt ab, und der letztere kann nun seinen Anker nicht mehr so kräftig anziehen. Die weitere Folge ist, daß die mit diesem Anker in Verbindung stehenden Kohlenstäbchen, die durch eine besondere Kraft gegen einander getrieben werden, dieser Kraft nachgeben und sich einander nähern. Nach diesem Prinzip sind außer den Staitte-Petrie'schen die ersten Foucault'schen Regulatoren (1849) konstruiert, bei denen die beiden Kohlenstäbchen auf kleinen Wagen, die durch Federkraft gegen einander gedrückt werden, einander horizontal gegenüberstehen. Bei einem späteren Regulator Foucault's, den sein Mitarbeiter J. Duboscq mehrfach verbessert hat, sind zwei Uhrwerke angebracht, eines für die Annäherung, das andere für die Entfernung der Kohlenelektroden, und der Anker des Elektromagneten setzt nun, je nachdem er schwächer oder stärker angezogen wird, das eine oder das andere in Thätigkeit. Die beiden Kohlenstäbchen stehen bei diesem noch jetzt gebräuchlichen Regulator in einer vertikalen Linie über einander.

Eine wesentliche Vereinfachung erfuhren die Regulatoren

durch Serrin (1859), dessen Apparat im V. Jahrg. dieses Jahrb. S. 175 u. f. beschrieben ist. Derselbe traf nämlich zuerst die gegenwärtig bei allen neuern Regulatoren für Einzellicht benutzte Einrichtung, daß die beiden über einander stehenden Kohlenstäbchen durch das Gewicht des oberen Kohlenträgers zusammengetrieben werden, während der Elektromagnet oder ein anderer Hilfsapparat sie aus einander treibt. Geht kein Strom durch den Regulator, so stoßen beide Elektroden auf einander und es kann daher der eintretende Strom übergehen und der Lichtbogen sich bilden. Bei Serrin's Lampen und bei manchen andern sind die beiden Kohlenträger so gekuppelt, daß beim Fallen des oberen Trägers der untere gehoben wird.

Unter den neuern nach diesem System eingerichteten Lampen ist die von Gölcher durch besondere Einfachheit ausgezeichnet. Die obere positive Kohle (vergl. die Skizze Fig. 40) wird nämlich durch eine eiserne, in Gleitrollen geführte Stange O getragen,

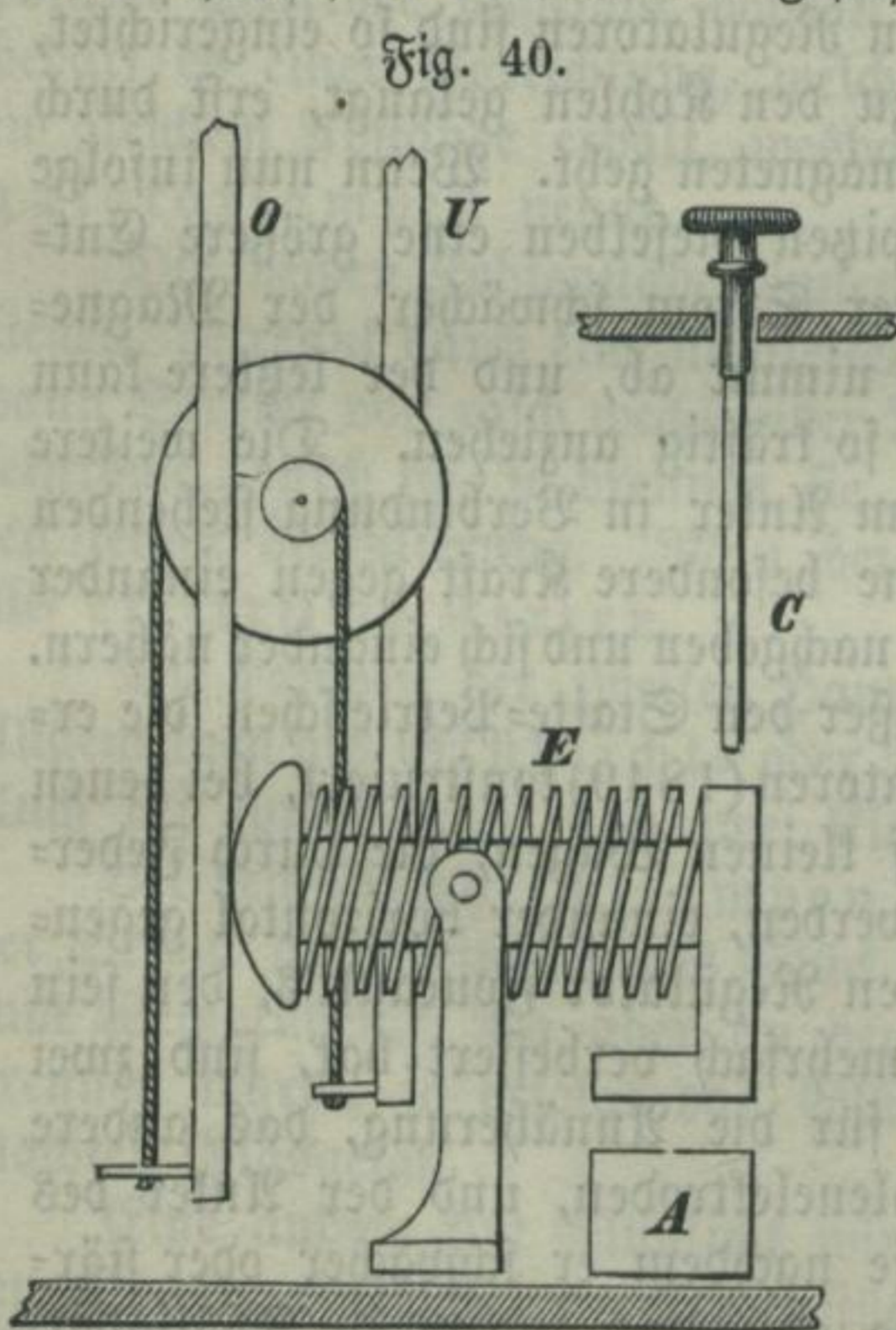


Fig. 40.

mit dem unteren negativen Kohlenträger U derart durch Schnuren verbunden ist, daß sie den doppelten Weg wie dieser zurücklegt. Um dies zu erreichen, sind auf einer gemeinschaftlichen Achse zwei Rollen angebracht, von denen die eine den doppelten Durchmesser der andern hat. Die am untern Träger angebrachte Schnur ist nun um die kleinere Rolle, die am obern Träger befestigte Schnur um die größere Rolle gewickelt. Die Regulierung der Kohlenstäbe erfolgt durch die oscillierende Bewegung eines geraden einschenkigen Elektromagneten E, welcher

um eine horizontale Achse drehbar ist und auf der einen Seite von der erwähnten Eisenstange, die die obere Kohle trägt, angezogen wird, während das entgegengesetzte, von der Drehachse wei-

ter entfernte Ende durch einen Eisenblock A nach unten gezogen, durch eine auf die Drehungsachse wirkende Feder aber nach oben gegen einen Kontakt C gedrückt wird. Der Elektromagnet stellt sonach einen ungleich-zweiarmigen Hebel dar, der geringe, durch den Eisenblock und den Kontakt begrenzte Schwingungen ausführen kann. Wenn kein Strom durch die Windungen des Elektromagneten geht, so treffen die Kohlenspitzen aufeinander, die längere Hälfte des Elektromagneten legt sich gegen den Kontakt. Beim Eintritt des Stromes aber wird die längere Hälfte des Elektromagneten nach unten, gegen den Eisenblock gezogen, die kürzere Hälfte geht nach oben und schiebt den an ihr haftenden obern Kohlentträger nach oben, der untere Träger rückt in Folge davon nach unten, die Kohlenspitzen entfernen sich also von einander und der Lichtbogen bildet sich. Wird dann in Folge des Abbrennens der Kohle der Strom schwächer, so folgt der Elektromagnet dem Zuge der Feder und bewegt sich in entgegengesetzter Richtung, wodurch die Kohlenspitzen einander näher gebracht werden. Natürlich erfolgt die Regulierung des Lichtbogens nicht, wie es nach dieser Beschreibung scheinen könnte, stoßweise, sondern kontinuierlich.

Gülcher verwendet bei seinen Lampen nur schwach gespannte Ströme von großer Stromstärke und erhält dadurch ein nahezu weißes, von jeder violetten Färbung freies Licht. Zur Erzeugung dieser Ströme bedient er sich einer eigenen Lichtmaschine, bei welcher der innere Widerstand auf ein möglichst geringes Maß reduciert ist.<sup>1)</sup>

Zu derselben Klasse von Lampen gehört auch die von R. C. Crompton<sup>2)</sup>, die zwar in der Konstruktion nichts wesentlich neues enthält, deren Urheber aber die Vorzüge der verschiedenen früheren Systeme zu vereinigen sucht und namentlich darauf gesehen hat, das Gewicht der beweglichen Theile, die den Nachschub der Kohlen bewirken, möglichst zu vermindern und so ein genaueres Anschmiegen an die Stromschwankungen zu erreichen.

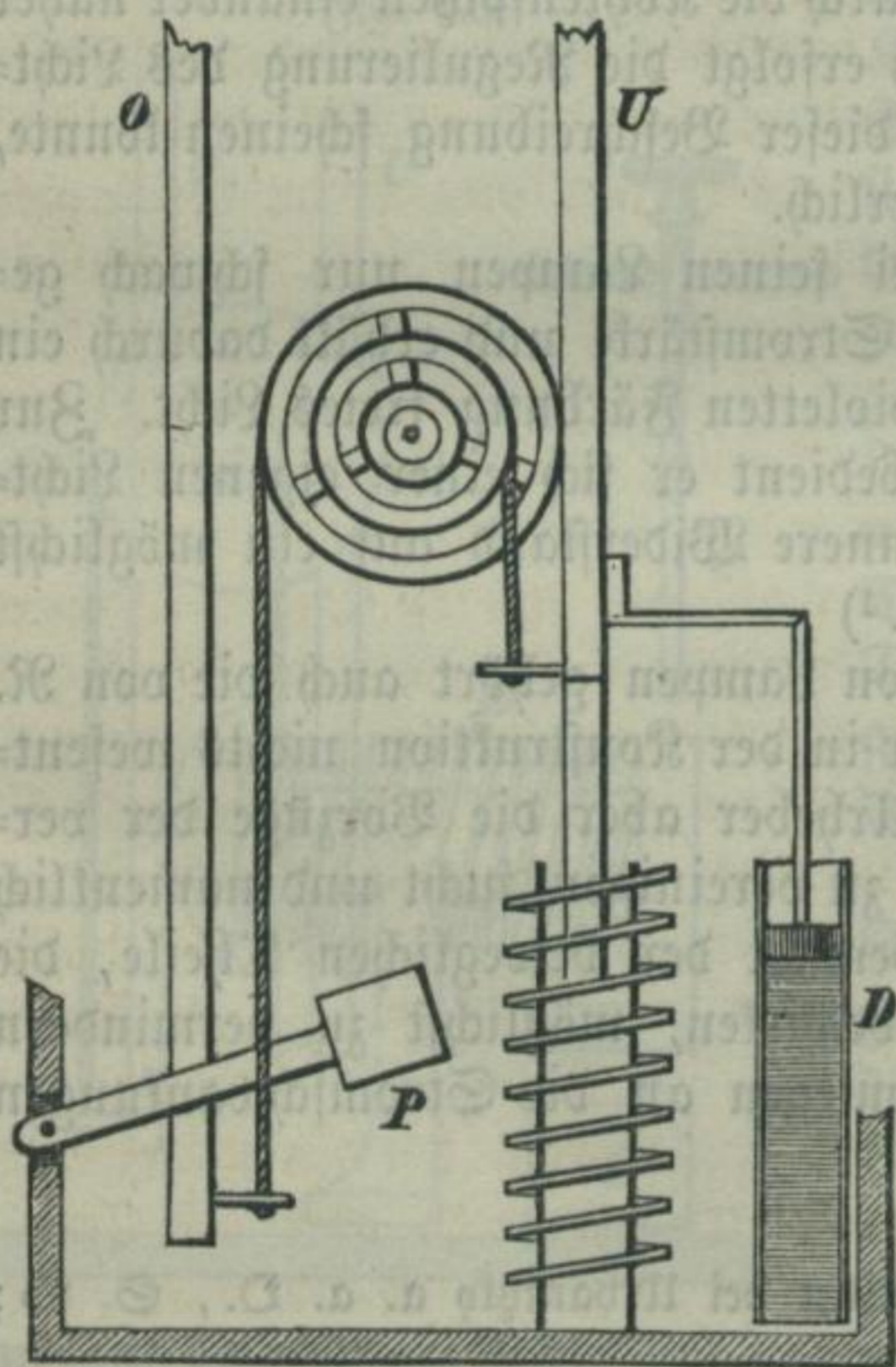
1) Beschrieben und abgebildet bei Urbanitzky a. a. O., S. 85; die Lampe daselbst S. 109.

2) R. C. Crompton, die elektrische Beleuchtung für industrielle Zwecke; deutsch von Uppenborn. München 1881. Vgl. auch Urbanitzky, S. 118.

Ein anderes Hilfsmittel zur Regulierung des Abstandes der Kohlenelektroden besteht in einem Solenoid, d. h. einem vom elektrischen Strome durchflossenen schraubenförmig gewundenen Leitungsdraht, der einen Eisenkern in sein Inneres zu ziehen sucht. Einen Regulator dieses Systemes brachte zuerst Archereau zu Stande, um dieselbe Zeit als Foucault an dem seinigen arbeitete. Man kann sich kaum etwas Einfacheres denken, als die Anordnung Archereaus: die positive Elektrode steht oben und ist unbeweglich, unter ihr befindet sich die negative Elektrode, die auf dem Eisenkerne des vertikal stehenden Solenoids befestigt ist; ein Gegengewicht sucht den Kern zu heben und dadurch die Kohlenspitzen an einander zu drücken, wogegen derselbe durch die Wirkung des elektrischen Stromes nach unten gezogen wird.

Eine neuere Lampe dieses Typus ist die von Gaspar (vgl. die Skizze Fig. 41).

Fig. 41.



Der Träger O der oberen, positiven Elektrode, welcher von den übrigen Theilen der Lampe vollständig isoliert ist, trägt an seinem untern Ende einen Ansatz, welcher zur Verhütung einer Drehung des Kohlenhalters in einer Führungsstange gleitet; an demselben ist eine Schnur befestigt, die nach dem Umfang einer Scheibe geht. Auf derselben horizontalen Achse wie diese Scheibe sitzt eine zweite von nur halb so großem Durchmesser, und von dieser geht eine Schnur nach dem eisernen Träger U der untern, negativen Elektrode, der in das Solenoid hineinragt. Wird also dieser um ein gewisses Stück nach unten gezogen, so geht der obere Träger um das



doppelte Stück nach oben. Als Gegengewicht gegen den obern Kohlenträger O dient das Gewicht P, welches verschiebbar an einem einarmigen Hebel angebracht ist, dessen Ende durch eine Schnur mit einer dritten Scheibe verbunden ist, die mit den beiden erwähnten auf derselben Achse sitzt. Das Spiel ist nun ähnlich wie bei der Gölcher'schen Lampe: so lange kein Strom durch das Solenoid (und die Kohlenstäbchen) geht, treffen die Kohlenspitzen auf einander, weil das Gewicht des obern Trägers überwiegt; mit dem Eintritt des Stromes aber wird U nach unten, also O nach oben gezogen, die Kohlenspitzen gehen aus einander, der Lichtbogen bildet sich; wird aber beim Abbrennen der Kohle der Strom schwächer, so geht U aufwärts, also O abwärts, die Entfernung der Kohlenspitzen vermindert sich wieder, u. s. f. Damit die Bewegung langsam erfolgt, ist mit dem Träger U eine Stange verbunden, die einen Kolben trägt, welcher sich mit geringem Spielraum in dem mit Quecksilber gefüllten Cylinder D bewegt.

Die Anwendung des Solenoids bringt indessen einen Uebelstand mit sich: dasselbe wirkt nämlich dann am kräftigsten, wenn die Mitte des Eisenträgers U mit dem Ende des Solenoids zusammenfällt, am schwächsten, wenn die Mitte des Eisenträgers in die Mitte des Solenoids fällt. Daraus folgt, daß die Wirkung am schwächsten ist bei frischen Kohlenstäbchen, am stärksten aber gegen Ende der Verbrennung. Würde also nicht eine besondere Vorkehrung getroffen, so würde im letztern Falle der Lichtbogen viel länger werden, als am Anfange. Diesen Uebelstand hat nun Gaspar durch ein Gewicht zu beseitigen gesucht, das er an dem Scheibensystem anbringt und welches anfangs, wenn die Kohlenstäbchen noch lang sind, auf der rechten Seite liegt, also die Wirkung des Solenoids unterstützt, während es gegen Ende der Verbrennung, in Folge der Drehung der Scheibe links steht und also der Anziehung des Solenoids entgegen wirkt.

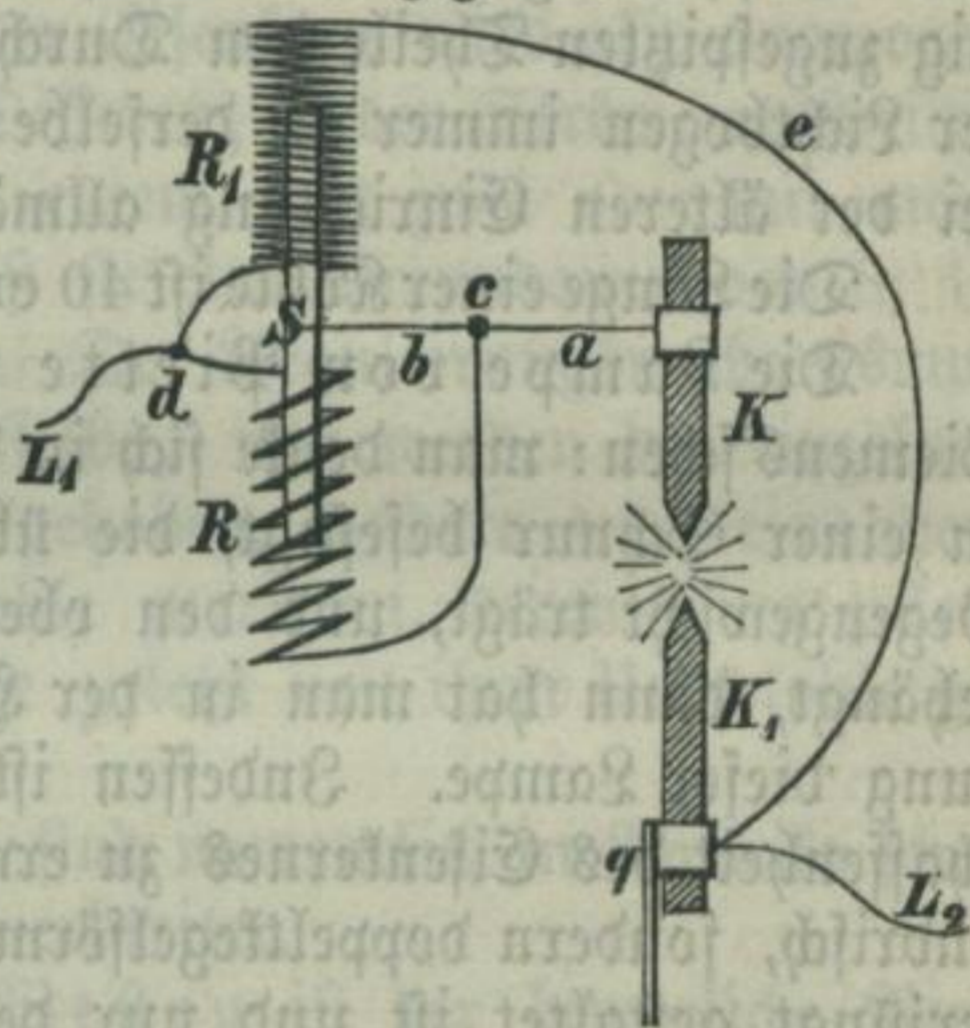
Die bisher beschriebenen Regulatoren, bei denen derselbe Strom durch den Draht des Elektromagneten oder des Solenoids und die Kohlenstäbchen geht, eignen sich aber nur für Einzellicht; man kann nur einen einzigen Regulator in einem Stromkreis einschalten. Denn wollte man denselben Strom durch mehrere solche Apparate senden, so würde derselbe schwächer

werden, sobald in einem einzigen Apparate in Folge rascheren Abbrennens der Kohle die Elektroden weiter auseinander stehen, und in Folge davon würden alle Elektromagnete in gleicher Weise schwächer erregt und in allen Apparaten die Spitzen einander genähert werden, auch da, wo eine solche Annäherung nicht nöthig ist. Eine solche gleichzeitige Regulierung in allen Apparaten wäre aber nur dann von Nutzen, wenn alle Kohlen gleichmäßig abbrennten, was natürlich nicht der Fall ist. Um nun mehrere Lampen in denselben Stromkreis einschalten zu können, hat man zur Regulierung die Stromverzweigung benutzt. Wenn nämlich einem elektrischen Strome an einer Stelle zwei Wege geboten werden, so theilt er sich, ein Theil nimmt den einen Weg, der andere den andern, und zwar ist die Stromstärke in jedem der beiden Wege umgekehrt proportional dem Widerstand, den dieser Weg dem Strom entgegenstellt. Bei den Regulatoren mit Stromverzweigung geht nun ein Theil des Stromes durch die Kohlenstäbchen, der andere durch die Umwicklung des Elektromagneten (oder das Solenoid). Diese Umwicklung besteht aber aus viel dünnerem Draht als die übrige Leitung und es geht in Folge davon nur ein ganz geringer Theil des Stromes durch dieselbe, daher auch der Elektromagnet keine Wirkung äußern kann. Wenn aber der Widerstand, der dem Hauptstrome entgegengestellt wird, zunimmt, so geht eine größere Elektrizitätsmenge durch die Nebenschließung und der Elektromagnet wird nun so kräftig erregt, daß er seine Wirkung äußern kann. Wie man leicht bemerkt, läßt sich dieses Princip gut den älteren Systemen anpassen, und in der That hat z. B. die Gesellschaft Contin dasselbe 1877 auf die Serrin'schen Lampen angewandt. Die früheste Anwendung der Stromverzweigung zur Regulierung des Abstandes der Kohlenelektroden scheinen aber 1855 Pacassagne und Thiers gemacht zu haben.

Mit diesem System ist indessen ein Uebelstand verbunden. Dem Elektromagneten wirkt nämlich eine Kraft entgegen, sei es nun die Elasticität einer Feder oder ein Gewicht, welche die Kohlenspitzen zusammen zu bringen sucht, und diese Kraft muß verändert werden, sobald die Stromstärke sich ändert, also jedesmal, wenn eine größere oder geringere Anzahl Lampen in den Stromkreis eingeschaltet werden, oder auch wenn eine der

Lampen erlischt. Diesem Uebelstande ist begegnet bei den Differential-Lampen, bei denen beide Stromzweige in entgegengesetztem Sinne auf denselben Eisenkern wirken. Schon Lacassagne und Thiers sollen sich dieses Princip's bedient haben, zu dessen Erläuterung wir auf die schematische Darstellung von Siemens' und Halske's Differential-Lampe Fig. 42 verweisen. S ist ein Stab aus weichem Eisen, der an dem einen Arm b eines um c drehbaren Hebels angebracht ist, während der andere Arm a den oberen Kohlenstab K trägt. Der untere Kohlenstab  $K_1$  ist, wenigstens bei der ältern Anordnung der Lampe, fest. Der untere Theil des Eisenstabes S ist mit Windungen dicken Drahtes R, der obere Theil aber mit Windungen dünnen Drahtes  $R_1$  umgeben. Der Hauptstrom geht nun von  $L_1$  durch R nach c, durch den Hebelarm a in die obere Kohle K, von dieser durch den Lichtbogen nach der unteren Kohle  $K_1$  und weiter nach  $L_2$ ; der Nebenstrom zweigt bei d ab und geht durch  $R_1$  und e, um sich in  $L_2$  wieder mit dem Hauptstrom zu vereinigen.

Fig. 42.



Nehmen wir jetzt an, beim Eintritt des Stromes stehen die Kohlen K und  $K_1$  in einer gewissen Entfernung. Der Strom geht dann durch  $R_1$  und S wird in die Höhe gezogen, der Hebelarm a und damit auch K gehen abwärts, bis K und  $K_1$  sich berühren. Jetzt aber nimmt der Strom seinen Weg durch R und die Hauptleitung, S wird also nach unten, K nach oben gezogen und der Lichtbogen hergestellt. Wird aber die Entfernung der Kohlenspitzen und damit auch der Widerstand in der Hauptschließung zu groß, so geht ein größerer Theil des Stromes durch die Nebenschließung, der Eisenkern S wird also in das Solenoid  $R_1$  gezogen, die Kohle K geht abwärts.

Bezüglich der wirklichen Ausführung der Lampe mag nur bemerkt werden, daß der Träger für die Kohle K nicht fest mit dem Ende des Hebels a verbunden ist, sondern sich von dem-

selben löst, wenn dieses Ende sich seiner tiefsten Stellung nähert, und nun in einer passenden Führung langsam abwärts sinkt. Sobald aber das Hebelende eine aufwärts gehende Bewegung macht, wird der Träger mit gehoben.

Sind die Kohlen einer Lampe abgebrannt und erlischt dieselbe, so muß der Strom durch die Nebenschließung mit großem Widerstand gehen. Da dies eine Schwächung des Stromes zur Folge haben würde, so wenden Siemens und Halske noch eine Kontaktvorrichtung an, welche einen kurzen Schluß bewirkt.

In den neueren Lampen ist übrigens die Einrichtung getroffen, daß die untere Kohle durch eine Feder empor und gegen einen Kupferring gedrückt wird, der nur dem obersten, kegelförmig zugespitzten Theile den Durchgang gestattet. Dadurch wird der Lichtbogen immer an derselbe Stelle erhalten, während er bei der älteren Einrichtung allmählich tiefer rückt.

Die Länge einer Kohle ist 40 cm, die Brenndauer 8 Stunden.

Die Lampe von Piette und Krizik ist ähnlich der Siemens'schen: man denke sich in Fig. 42 den Eisenkern S oben an einer Schnur befestigt, die über eine Rolle läuft und ein Gegengewicht trägt, und den obern Kohlentträger unten an S gehängt, dann hat man in der Hauptsache die äußere Anordnung dieser Lampe. Indessen ist noch als wesentlich die Beschaffenheit des Eisenkernes zu erwähnen, der nicht einfach cylindrisch, sondern doppelkegelförmig, nach oben wie nach unten verjüngt gestaltet ist und nur der bessern Führung halber in einer cylindrischen Hülse sitzt. Diese Form des Kernes ist gewählt worden, damit die Anziehung der Solenoide immer gleich stark auftritt, wo auch immer der Kern steht.<sup>1)</sup>

Die Lampe von Brush<sup>2)</sup> ist charakterisiert durch die Art und Weise wie der Regulierungsmechanismus auf die obern Kohlenhalter wirkt. Der letztere strebt nämlich durch sein Gewicht auf den unteren, feststehenden, zu sinken, wird aber darin gehemmt durch einen um ihn gelegten Metallring, der ihm nur bei horizontaler Stellung ungehinderten Durchgang gestattet. Wird aber dieser Ring schräg in die Höhe gehoben, so nimmt

1) Vgl. Urbanitzky, S. 122.

2) Eingehend beschrieben von Richter in der Elektrotechn. Ztschr. Juni 1882, S. 228; vgl. auch Urbanitzky, S. 130; Alglave u. Boulevard, S. 92.

er die leicht durch ihn gehende Stange des Trägers mit und hebt sie ebenfalls. Beim Sinken des Ringes wird der Träger gleichfalls mit abwärts genommen; kommt aber der Ring dabei an der Seite, welche der angehobenen gegenübersteht, auf einen Anschlag, so wirkt der Ring von da an wie eine Bremse auf die Stange und läßt sie langsam durchgleiten. Das Heben und Senken des Ringes erfolgt durch einen Eisenkern, der mehr oder weniger tief in eine doppelt umwickelte Spule hineingezogen wird. Die eine Umwicklung, aus dickem Draht, dient zur Leitung des Hauptstromes, welcher durch die Kohlenstäbchen geht und den Lichtbogen erzeugt; die andere Umwicklung, für den Nebenstrom bestimmt, besteht aus dünnem Draht und hat entgegengesetzte Richtung. Der Eisenkern wird also angezogen mit einer Kraft, welche der Differenz beider Ströme entspricht. Brush hat seine Lampen mit einem, mit zwei oder mit mehr Kohlenpaaren versehen, so daß sie eine Brenndauer von 8, 16 oder mehr Stunden erhalten. Der Regulierungsmechanismus ist in allen diesen Fällen derselbe, nur werden die einzelnen Klemmringe nicht gleichzeitig gehoben, sondern nach einander; es brennt daher diejenige Kohle zuerst an, deren Ring zuletzt gehoben wird, weil diese Kohle zuletzt von ihrer Unterkohle getrennt wird.

Die Brush'schen Lampen sind namentlich in Amerika schon seit einigen Jahren ziemlich verbreitet.

Bei der Lampe von Weston ist der bewegliche Ring von Brush ersetzt durch einen Hebel, der eine Durchbohrung für den Kohlenstab hat und zu einem gegliederten Parallelogramm gehört, dessen eine Seite die Armatur eines Elektromagneten bildet. Die Schenkel des letzteren sind mit dickem Draht für den Hauptstrom und in entgegengesetzter Richtung mit dünnem für den Nebenstrom umwickelt; ein kleiner Schwimmer, der in ein Gefäß mit Glycerin taucht, dient zur Verlangsamung der Bewegung.

Die Differential-Ringlampe von Sigmund Schuckert<sup>1)</sup> in Nürnberg kann man betrachten als einen elektromagnetische Maschine, durch welche während des Brennens beständig zwei Ströme gehen, der Hauptstrom, welcher den Lichtbogen bildet, und ein Zweigstrom, und diese Ströme suchen

1) Elektrotechn. Ztschr. Juni 1881, S. 221.

einen rotationsfähigen Induktor nach entgegengesetzten Richtungen zu drehen. Bei einer gewissen Größe des Lichtbogens heben sich die Wirkungen beider Ströme auf den Induktor gerade auf; bei einer Veränderung des Widerstands im Lichtbogen aber ändert sich auch der Widerstand im Hauptstromkreis, und je nachdem derselbe vergrößert oder verkleinert wird, überwiegt die Wirkung des Nebenstromes oder des Hauptstromes auf den Induktor. Schuckert hat dieses Princip in verschiedener Weise zur Ausführung gebracht.

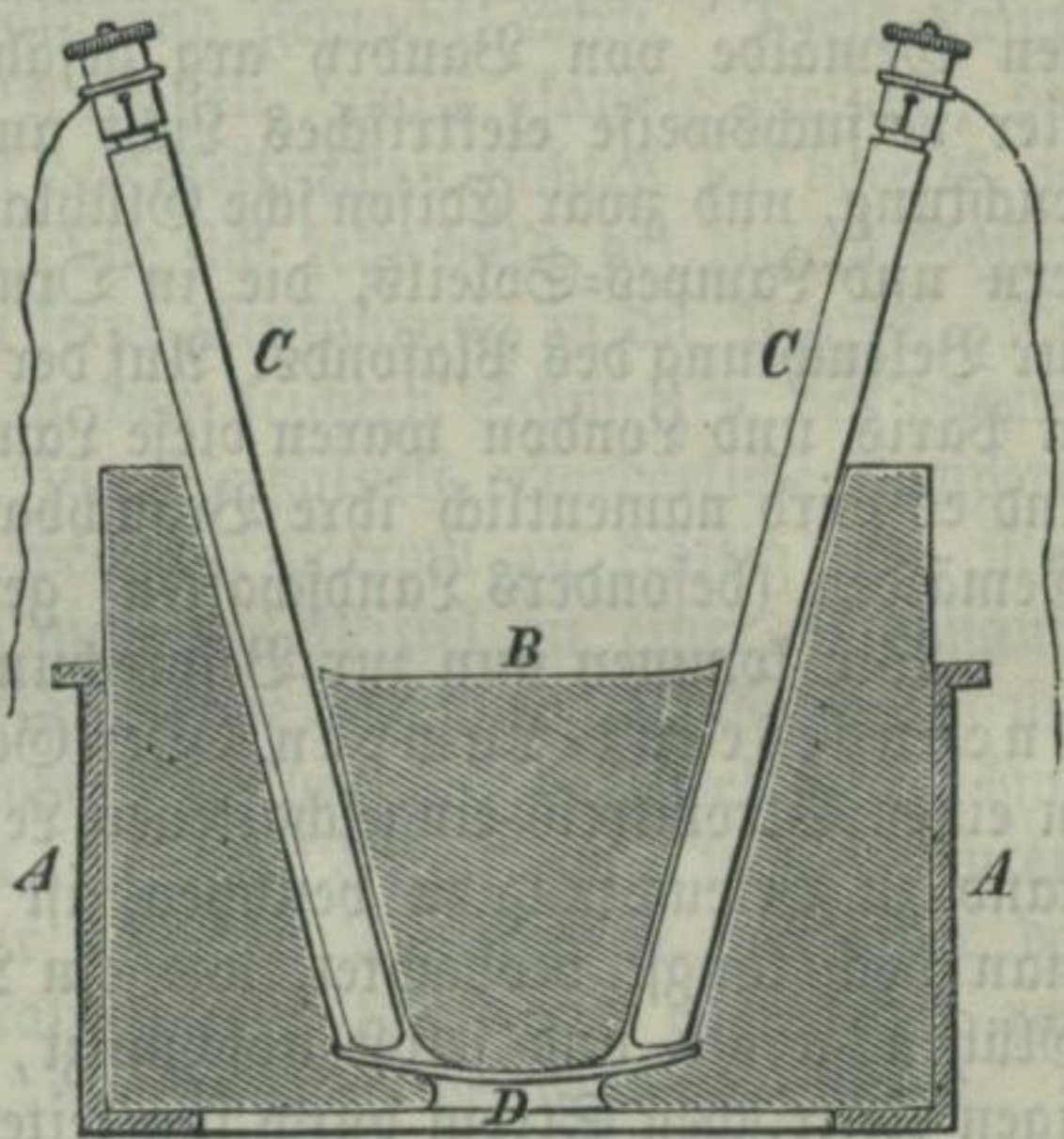
Mit Verzichtleistung auf weitere Angaben, wie auf Beschreibung anderer Differentiallampen, wenden wir uns jetzt zur zweiten Kategorie der elektrischen Lampen.

Die elektrischen Kerzen, durch welche zuerst das Problem der Theilung des elektrischen Lichtes in praktisch genügender Weise gelöst worden ist, sind zwar heutzutage noch ziemlich verbreitet; man darf aber wohl annehmen, daß sie in nicht langer Zeit überall durch Regulatoren oder Glühlichtlampen ersetzt werden. Die beiden wichtigsten Formen, die Jabloschkoff-Kerze und die Samin'sche Kerze sind bereits früher in diesem Jahrbuch besprochen worden (Jahrg. XIV, S. 239 und XV, S. 221). Die Hauptmängel dieser und anderer elektrischer Kerzen bestehen in der unruhigen, flackernden Beschaffenheit des Lichtes und seinem öftern Farbenwechsel; in dem Umstande, daß mit dem Erlöschen einer Kerze auch alle anderen in denselben Stromkreis eingeschalteten zum Erlöschen kommen, oder daß, wenn diesem Uebelstand begegnet ist, doch eine erloschene Kerze sich nicht selbst wieder entzündet. Zudem bringt auch die bei diesen Kerzen nothwendige Anwendung von Wechselstrommaschinen mancherlei Uebelstände mit sich. Endlich hat speciell die Jabloschkoff-Kerze, welche übrigens durch ihre Einfachheit sich auszeichnet, den Uebelstand, daß sie das Licht nach oben, statt nach unten wirft.

Als aus der Jabloschkoff-Kerze hervorgegangen möge an dieser Stelle der von Clark und Bureau konstruirten Lampe gedacht werden, die unter der Benennung „Lampe-Soleil“ neuerdings mehrfach in Anwendung gekommen ist und welche eine eigenthümliche Zwischenstellung zwischen den Lampen mit Volta'schem Bogen und den Glühlampen einnimmt. Es kommt nämlich bei ihr der Volta'sche Bogen in Anwendung, aber nur

als Wärmequelle; auch tritt bei ihr als Lichtquelle eine schlecht leitende Substanz auf, aber dieselbe wird nicht vom elektrischen Strome durchflossen, wie bei den Glühlampen, sondern durch den Lichtbogen erhitzt. Eine solche Rolle spielt ja auch die isolierende Substanz zwischen den beiden Kohlenstiften einer Tabloschkoff-Kerze. Bei der Lampe-Soleil sind nun zwei halbcylindrische Kohlenstifte CC (Fig. 43) von 2 cm Stärke unter einem Winkel von ungefähr  $15^{\circ}$  gegen einander geneigt; an ihrem

Fig. 43.



untern Ende sind dieselben durch einen kleinen Block Marmor oder komprimierter Magnesia B von einander getrennt und die Enden selbst durch einen dünnen Stift von Reisblei oder Kohle D verbunden, durch den der Strom anfangs, bei seinem Eintritt, geht und so die Kerze entzündet. Das Ganze ist mit Stein umgeben und in eine Metallbüchse A eingeschlossen, die bei D eine Oeffnung für das Licht hat.

Wenn die Lampe, wie dies meist geschieht, in der im Profil Fig. 43 dargestellten Stellung aufgehängt wird, so rücken die beiden Kohlenstifte von selbst durch ihre eigene Schwere in dem Maße nach, wie sie abbrennen; bei anderer Stellung kann das Nachrücken durch Federn oder Gewichte bewirkt werden. Die Kohlenstücke brauchen übrigens, weil sie nicht die eigentliche Lichtquelle sind, nicht sonderlich rein zu sein und wegen ihrer Dicke brennen sie nur langsam ab: ungefähr ein Centimeter stündlich bei harten Kohlen, höchstens das Doppelte bei weichen. Gewöhnlich werden Wechselströme zum Betrieb verwendet. Uebrigens kann die Stromstärke beträchtlich schwanken, ohne daß das Licht seine Farbe merklich ändert oder daß andere Unzuträglichkeiten entstehen; auch verlischt die Lampe nicht leicht.

Nach den Versuchen, welche *Desguin* im September 1880 vor dem internationalen Handels- und Industrie-Kongress in Brüssel angestellt hat, erfordert diese Lampe ungefähr dieselbe Stromstärke, wie die besseren Regulatoren; die Kohlen, welche sie braucht, sind aber billiger. In Brüssel ist sie seit längerer Zeit zur Beleuchtung eines der größten Cafés benutzt worden, ebenso in Paris am Eingang der Passage Jouffroy, an der Mairie in der Rue Druot, sowie bei der Feier des Nationalfestes am 14. Juli 1881 auf der Place du Château d'Eau, endlich im Foyer des Opernhauses. Da nämlich das Gas dort die schönen Gemälde von *Baudry* arg gefährdete, so setzte *E. Garnier* versuchsweise elektrisches Licht an die Stelle der Gasbeleuchtung, und zwar *Edison'sche* Glühlampen auf den Kronleuchtern und Lampes-Soleils, die in Ornamenten verborgen sind, zur Beleuchtung des Plafonds. Auf der Elektrizitäts-Ausstellung in Paris und London waren diese Lampen ebenfalls vertreten, und es wird namentlich ihre Brauchbarkeit zu Beleuchtung von Gemälden (besonders Landschaften) gerühmt.

Wir kommen nun zur Besprechung der Glühlicht- oder Incandescenz-Lampen. Der Gedanke, das Glühen eines in einen Stromkreis eingeschalteten Leiters von großem Widerstand zu Beleuchtung zu benutzen, ist sehr nahe liegend, hatte man doch längst beobachtet, wie ein Metalldraht in lebhaftes Glühen geräth und selbst abschmilzt, wenn man einen kräftigen elektrischen Strom durch ihn leitet. Es kann nicht Wunder nehmen, daß man schon vor längerer Zeit Versuche in dieser Richtung angestellt hat. *Frederick de Moleyns* in Cheltenham scheint der Erste gewesen zu sein, der dieses Princip anwandte: im Jahre 1841 nahm er ein englisches Patent auf eine elektrische Lampe, bei welcher der elektrische Strom durch einen dünnen, im luftleeren Raum eingeschlossenen Platindraht geleitet wurde. Einen ähnlichen Vorschlag machte 1845 *W. R. Grove* <sup>1)</sup>, augenscheinlich ohne *Moleyns'* Lampe zu kennen; er will den Platindraht in einen mit atmosphärischer Luft oder einem andern Gase gefüllten geschlossenen Glasgefäße durch den elektrischen Strom möglichst nahe bis zum Schmelzpunkt erhitzen. Auch *Draper* gab 1847 eine Lampe mit Platindraht

1) „On the application of Voltaic ignition to lighting mines“ in Maiheft 1845 des *Philosophical Magazine*.



an, während im nächsten Jahre der Engländer Petrie statt des Platins Iridium, rein oder mit Platin legiert, in Vorschlag brachte und ein Patent auf die Herstellung iridiumhaltiger Drähte nahm. Ein Jahrzehnt später taucht die Platindrahtlampe auf dem Kontinent auf: J o b a r t, Direktor des Industrie-Museums in Brüssel, machte am 27. Februar 1858 der Pariser Akademie die Mittheilung, daß De C h a n g y eine Lampe zur Beleuchtung von Bergwerken konstruirt habe, deren wesentlicher Theil ein feiner spiralförmig gewundener Metalldraht sei, welcher durch den elektrischen Strom glühend gemacht wird. Diese Lampe erregte anfangs großes Aufsehen, man glaubte vielfach, das Problem der Theilbarkeit des elektrischen Lichtes sei bereits gelöst; aber die Mängel, welche sich sehr bald bei diesem System herausstellten, hinderten seine Einführung in die Praxis. Der Hauptübelstand bestand in dem leichten Schmelzen des dünnen Platindrahts, sobald die zur Weißgluth erforderliche Temperatur überschritten wird, weil der Strom zu kräftig ist. Nun besaß man damals noch nicht die Mittel zu einer so genauen Regulierung der Stromstärke, wie gegenwärtig möglich ist, und man war deshalb der Vorsicht halber auf den Gebrauch schwächerer Ströme beschränkt, die den Draht nicht sehr bedeutend erhitzten; in Folge dieser niederen Temperatur war aber das Licht des glühenden Drahtes auch sehr gelb oder sogar roth gefärbt und zu schwach, um praktisch verwendbar zu sein.

Noch einmal taucht der Platindraht als Hauptorgan in den frühesten elektrischen Lampen des Amerikaners E d i s o n auf. Als bereits andere Systeme der elektrischen Beleuchtung praktisch erprobt worden waren, fing auch der Erfinder von Menlo-Park 1878 an, sich mit diesem Problem zu beschäftigen, das er gewohnterweise gleich in seinem vollsten Umfange lösen wollte. Die Elektrizität sollte alles leisten, was das Gas leistet, sie sollte ein Licht von konstanter Helligkeit liefern, das leicht zu handhaben ist und sich überall in geringer Intensität anbringen läßt, ähnlich wie unsere Gasflammen, die den Lichtwerth von ein oder zwei Carcelflammen besitzen; aber die Elektrizität sollte alles dies in vollkommenerer Weise als das Gas leisten, sie sollte ein vollständig geruchloses Licht liefern, das keine der Gesundheit, dem Möblement, den Gemälden in unsern Wohnräumen &c. schädlichen Gase giebt. Nach fruchtlosen Versuchen

mit dem Volta'schen Lichtbogen konstruirte Edison eine Glühlampe mit spiralförmig gewundenem Platindraht in einem luftleergemachten Glasgefäß (vgl. dieses Jahrb. XV, S. 216). Statt reinen Platins wurden auch Legierungen dieses Metalls mit anderen Metallen der Platingruppe versucht; auch brachte Edison einen Regulator an, um das Schmelzen des Platindrahtes zu verhüten. Aber aller Anstrengungen ungeachtet gelang es Edison nicht, auf diesem Wege eine längere Zeit brauchbare elektrische Lampe zu konstruieren; wenn die Drähte nicht durch Schmelzen zerstört wurden, so erlitten sie durch das andauernde Glühen eine molekulare Veränderung, die sie zum weitem Gebrauch untauglich machte. Angesichts dieser Mißerfolge darf es nicht Wunder nehmen, daß von anderer Seite, wo auf andere Weise höchst werthvolle praktische Erfolge erlangt worden waren, alle Versuche mit Incandescenzlampen schlechthin als aussichtslos bezeichnet wurden. Die Erfahrungen der Folgezeit, namentlich die elektrischen Ausstellungen in Paris und London, haben aber gezeigt, daß die Glühlampen berufen sind, in dem Beleuchtungswesen eine sehr wichtige Rolle zu spielen, und daß sie schon jetzt in vielen Fällen zu empfehlen sind. Zu den Vorzügen, welche dem elektrischen Licht überhaupt eigen sind, kommen noch gewisse den Glühlampen eigenthümliche. Wenn nämlich das Glühen in geschlossenem, luftleerem Raume stattfindet, so geben diese Lampen ein völlig ruhiges Licht, frei von den lästigen Flackern und Zittern; ein Licht, dessen Farbe sich dem reinen Weiß nähert und jedenfalls frei ist von violetten Strahlen. So lange das Glasgefäß welches den glühenden Körper einschließt, unverletzt ist, sind diese Lampen absolut feuersicher; wenn daher auch ihre Anwendung in Kohlengruben mit Schlagwettern nicht unbedingt das Wort zu reden ist, so empfehlen sie sich doch andererseits für Theater, zumal die starke Erhitzung und Austrocknung der Bühnerequisiten, die eine Hauptgefahr der Gasbeleuchtung bildet, bei ihnen wegfällt. Dazu kommt endlich noch die Leichtigkeit, mit der solche Lampen an Stelle des früheren Beleuchtungssystems angebracht werden können. Wandarme, Kandelaber, Kronleuchter zc. bedürfen fast keiner weitem Aenderung, als daß die einzelnen Brenner oder Kerzen durch Glühlampen ersetzt werden. Dieser Fortschritt wurde aber nur dadurch möglich, daß

man an die Stelle des Platins einen anderen, geeigneteren Körper setzte, die Kohle. Ein junger Amerikaner, J. W. Starr aus Cincinnati, scheint zuerst eine Lampe entworfen zu haben, bei welcher der elektrische Strom im luftleeren Raume durch ein Stück Gasretortenkohle geleitet wird, das dadurch ins Glühen kommt. Da Starr mittellos war, so theilte er in den vierziger Jahren dieses Jahrhunderts seine Idee dem bekannten reichen Philanthropen Peabody mit, der ihm mit den nöthigen Geldmitteln versah, damit er seine Erfindung den Gelehrten Englands zur Begutachtung vorlegen könne. In Begleitung eines ihm von Peabody beigegebenen Geschäftsmannes Namens King kam Starr nach England und führte dort sein Beleuchtungssystem öffentlich vor. Er stellte einen großen Kandelaber mit 26 Lichtern auf, die 26 Staaten andeutend, aus denen damals die Nordamerikanische Union bestand. Unter denen, welche diesen Versuchen bewohnten, befand sich auch der berühmte Faraday, welcher sich lebhaft für Starr's Erfindung interessierte und derselben großen Erfolg verhieß. Unterm 25. März 1846 wurde die Erfindung auch mit der Bezeichnung „King's Patent Electric Light“ patentiert, und im Mechanic's Magazine vom 25. April desselben Jahres findet man eine Beschreibung derselben. Das Kohlenstück, welches durch den Strom glühend gemacht wird, befand sich in der Torricelli'schen Leere eines mit Quecksilber gefüllten Barometerrohres, der Strom trat durch das Quecksilber ein und durch einen in den obersten Theil der Röhre eingeschmolzenen Platindraht aus. Zum Festhalten der Kohle dienten Porzellanträger.

Nachdem die Versuche beendigt waren, schifften Starr und King sich wieder ein, wahrscheinlich um von Peabody die Mittel zur Ausführung im Großen zu erlangen; aber am Tage nach der Einschiffung ward Starr todt in seinem Bett gefunden, und von der Ausführung des King'schen Patentes ist nichts bekannt. Auch ein Patent, welches bald darauf zwei Engländer, Greener und Staiter, auf eine der Starr'schen ganz ähnliche Lampe nahmen, bei der nur die Kohle mit Königswasser von allen Unreinigkeiten befreit war, hatte keine weitere Folge.

Erst im Jahr 1873 begegnen wir wieder einer mit der Starr'schen übereinstimmenden Incandescenzlampe, deren Urheber der Petersburger Ingenieur Alexander Lodygin ist:

das Kohlenstück, durch welches der Strom geht, ist hier in einer Glasröhre eingeschlossen, aus welcher die Luft ausgetrieben und die statt dessen mit Stickstoff oder sonst einem Gase, in welchen die Kohle nicht verbrennt, gefüllt ist. Ursprünglich wurde die Kohle an jedem Ende durch eine Metallfassung gehalten; da aber in Folge der ungleichen Ausdehnung von Metall und Kohle letztere leicht Sprünge erhielt, so brachte Rosloff statt dessen Fassungen aus Porzellan oder andern nichtleitenden Substanzen an und führte den Strom durch einen Draht zur Kohle.<sup>1)</sup> Ähnlich der Lampe Lodygin's sind die von seinen Landsleuten Konn 1875 und Bulgin 1876 angegebenen. Alle diese russischen Lampen hatten aber den gemeinschaftlichen Uebelstand, daß der zwischen zwei größeren Fassungen angebrachte Kohlenstift, auch ohne Anwesenheit von Sauerstoff eine Desaggregation erlitt, in der Mitte dünner wurde und schließlich zerbrach. Eine Hauptaufgabe bestand also darin, die Kohle richtig auszuwählen, in geeigneter Weise zu präparieren und in eine zweckentsprechende Form zu bringen, so daß sie der Zerstörung nicht so bald ausgesetzt ist. Die Evacuierung der Glasgefäße, welche die Kohle enthalten, welche den ersten Erfindern viel Mühe bereitet hatte, läßt sich jetzt mit den mannichfaltig verbesserten Quecksilberluftpumpen verhältnismäßig leicht ausführen und bis zu einem Grade treiben, den man früher für unmöglich gehalten hätte.

Zu denen, die am frühesten sich mit Herstellung von Incandescenzlampen beschäftigt haben, gehört der Engländer John Wilson Swan in Newcastle upon Tyne. Seine ersten Versuche stellte er mit verkohltem Kartonpapier an, das er, zu einer Spirale geformt, zwischen zwei Stücken Kohle im Innern einer Glasröhre anbrachte, aus der die Luft nur unvollkommen ausgepumpt war. Aber obwohl die Kohle nicht bis zur Weißgluth erhitzt wurde, zerstäubte sie doch bald und bedeckte die Wandungen des Glasbehälters. Durch die schönen Experimente von Crookes 1877 über die sogenannte strahlende Materie aufmerksam gemacht auf den hohen Grad von Verdünnung der Luft, den man mit der Sprengel'schen Quecksilberluftpumpe erreichen kann, nahm er ungefähr gleichzeitig mit Edison seine Versuche in Verbindung mit Stearn aus Birkenhead wieder auf. Es zeigte sich

1) Vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 238, wo Lodygin (in französischer Schreibweise Lodyguine) statt Bodighin zu lesen ist.

aber bald, daß die mangelhafte Evacuierung nicht die alleinige Ursache des Zerstäubens der Kohle gewesen war, sondern daß die in den Poren der Kohlen reichlich eingeschlossenen Gase, die beim Durchgang des Stromes frei werden, eine wesentliche Rolle dabei spielen. Erst im Jahre 1880 gelang es, die Uebelstände soweit zu beseitigen, daß er am 20. Oktober der philosophisch-literarischen Gesellschaft in Newcastle eine gut funktionierende Lampe vorzeigen konnte.

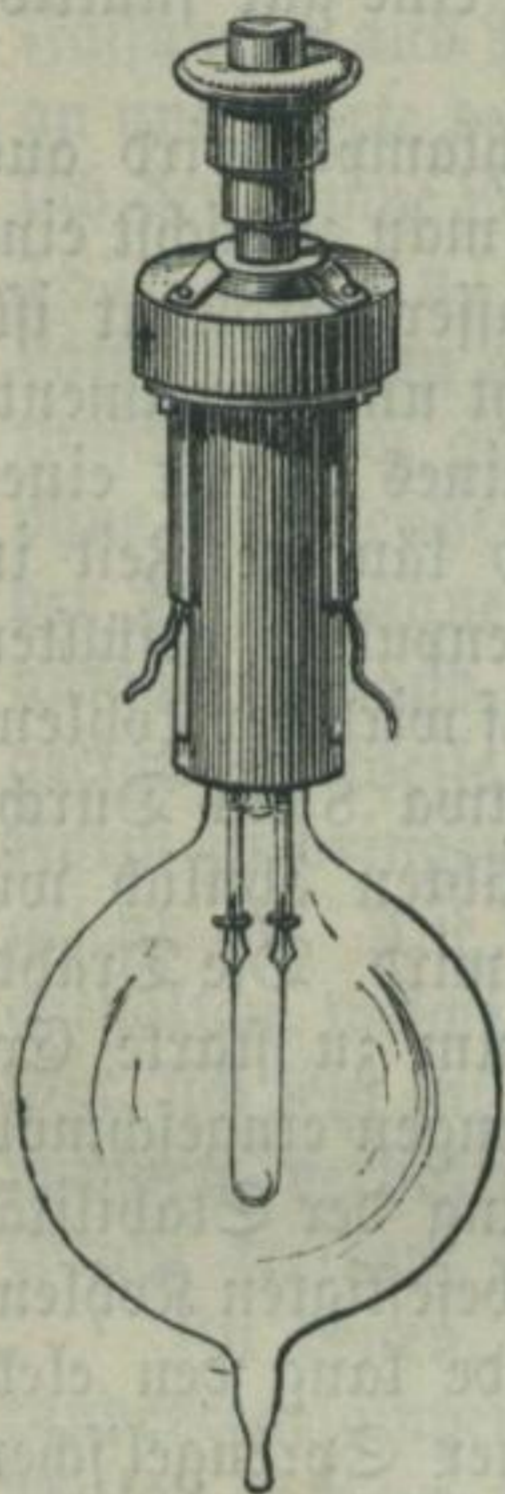
Der Kohlenbogen der Swan'schen Glühlampe wird aus 10 cm langem Baumwollzwirn hergestellt, den man zunächst eine Zeitlang in Schwefelsäure, die mit  $\frac{1}{3}$  Wasser verdünnt ist, hängen läßt, wodurch derselbe gleichförmig dicht und pergamentartig wird. Dann wird derselbe in Form eines U mit einer einfachen Schlinge in der Mitte gebogen und längere Zeit in einem hermetisch verschlossenen, mit Kohlenpulver gefüllten Schmelztiegel der Weißgluth ausgesetzt. Hierauf wird der Kohlenbogen in ein birnförmiges Glasgefäß von etwa 8 cm Durchmesser eingesetzt, in welchem er von Platindrähten ähnlich wie ein Zeichenstift von einer Klemmfeder gehalten wird. Die Drähte ragen ziemlich weit in das Gefäß hinein, um zu starke Erhitzung an den Stellen, wo sie in die Wandungen eingeschmolzen sind, zu vermeiden und sind zur Erhöhung der Stabilität durch ein Glasstück verbunden. Durch den so befestigten Kohlenbogen läßt man nun eine gute halbe Stunde lang den elektrischen Strom gehen, während mittels einer Sprengel'schen Quecksilberluftpumpe die Luft entfernt wird. Hierauf wird die Birne zugeschmolzen und mit einer Fassung versehen, wie Fig. 44 zeigt. Mit dem (in der Fig. oben befindlichen) Stiel wird dann die Lampe befestigt, entweder in der angegebenen oder in der umgekehrten Stellung.

Diese Lampen sind in England bereits ziemlich verbreitet. Sie geben ein schönes weißes Licht, das nach Swans Angabe durchschnittlich die Intensität von 20 englischen Normalkerzen (etwa gleich 2 Carcelflammen) besitzt. Die Lampe hat einen Widerstand von 30 bis 100 Ohm, und eine Pferdekraft soll ausreichen zum Betrieb einer dynamoelektrischen Maschine, die 10 bis 15 Kerzen speist.

Der vorigen sehr ähnlich ist die Glühlichtlampe von St. George Lane-Fox; sie unterscheidet sich aber von ihr be-

sonders in zwei Punkten. Als Material für die U förmigen Kohlenbögen verwendet Lane-Fox gewöhnlich Halme von Quecken, die auf eigene Art verkohlt sind, oder auch verschiedene andere Pflanzensfasern, welche vulkanisiert und mit Zinkorychlorür imprägniert sind. Der Kohlenfaden wird übrigens in derselben

Fig. 44.



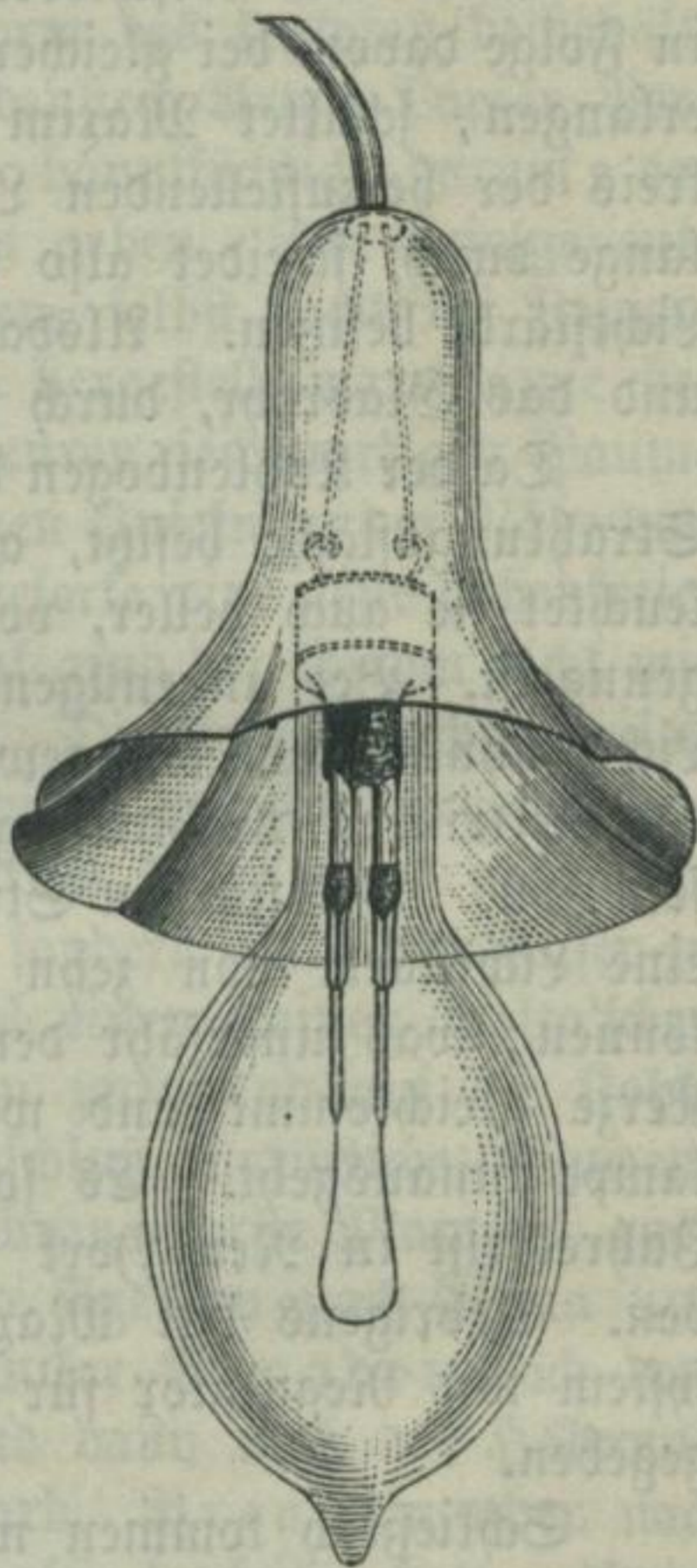
Weise behandelt wie bei Swans Verfahren; nur bedient sich Lane-Fox nicht der Sprengel'schen Pumpe, sondern er stellt das Vacuum in ähnlicher Weise her, wie es in einem Barometerrohr entsteht, wobei indessen Vorsichtsmaßregeln gegen die in der Torricelli'schen Leere sich entwickelnden Quecksilberdämpfe getroffen sind. Eigenthümlich ist ferner die Art und Weise, wie die Stromleiter in das Glasgefäß (Fig. 45) geführt und inwendig mit dem Kohlenbogen verbunden sind. Im Halse des Glasballons sind nämlich Glasröhren eingeschmolzen, welche Erweiterungen besitzen, die Quecksilber enthalten, während der obere Theil der Röhren mit Watte gefüllt ist. In das Quecksilber, welches theils zur Kühlung, theils zur Dichtung dient, tauchen von oben die Zuleitungsdrähte, die durch den obern, mit Gips ausgegossenen Theil des Halses gehen; von unten aber treten in das Quecksilber Platindrähte, die in die Röhren eingeschmolzen sind. An diese Platindrähte sind kleine Kohlenzylinder (oder Cylinder aus Reissblei) gesteckt, in deren Schlize der Kohlenbogen geklemmt ist.

Die Wirkung sollte ungefähr dieselbe sein wie bei der Swan'schen Lampe, doch ist die Lane-Fox'sche weniger in Gebrauch gekommen.

Auch die Glühlampe des Amerikaner's Hiram Maxim ist ähnlich konstruiert, sie unterscheidet sich aber auf den ersten Blick durch die M förmige Gestalt des Kohlenbogens, der stärker ist als bei den vorher erwähnten Lampen und nicht aus einem biegsamen Faden besteht, sondern aus Bristolpapier ausgeschnitten ist. Jedes der beiden Enden dieses M ist platten-

förmig verbreitert und liegt zwischen zwei Plättchen weicher Kohle, die mittels Schrauben zwischen zwei Goldplättchen festgeklemmt sind, von denen eine an einen der Lötungsdrähte gelöthet ist, die durch den Hals des birnförmigen Glasgefäßes eintreten. Die Lampe ist durch einen bläulichen, emailartigen Cement geschlossen, durch den die Leitungsdrähte hindurchgehen. Dieser Cement haftet fest am Glase und dehnt sich in derselben Weise aus wie dieses, weshalb man nicht zu fürchten hat, daß bei Temperaturwechsel feine Sprünge entstehen, durch welche Luft eindringt.<sup>1)</sup>

Fig. 45.



Das aus Papier ausgeschnittene M mit abgerundeten Ecken wird zunächst nur zwischen zwei Platten verkohlt und dann in das Glasgefäß eingesetzt. Letzteres wird hierauf durch ein später abzuschmelzendes Ansatzrohr luftleer gemacht, worauf man Gasolin, ein kohlenwasserstoffhaltiges Gas, einleitet; dieses Gas pumpt man aber wieder soweit aus, daß im Innern ein Druck von nur noch etwa 30 mm Quecksilbersäule herrscht, worauf man den elektrischen Strom durch den Kohlenbogen gehen läßt. Dabei wird das Gasolin zerlegt und es scheidet sich Kohlenstoff an dem glühenden Kohlenbogen und in den Poren desselben ab, und zwar um so mehr, je intensiver die Erhitzung war. Maxim glaubt nun, daß dieser Prozeß wesentlich dazu beiträgt, den Kohlenbogen haltbarer zu machen, indem etwa vorhandene dünnere Stellen des Kohlenbogens, welche dessen Halt-

1) Nach anderen Quellen sind noch weitere Maßregeln gegen das Eindringen von Luft in das Innere getroffen. A. von Urbanski („Die elektrische Beleuchtung“, S. 142) giebt an, daß die beiden Leitungsdrähte aus Platin in konische Glasröhren eingeschmolzen

barkeit gefährden könnten, stärker glühend werden, weshalb an ihnen sich mehr Kohlenstoff abscheidet als an andern Stellen. Von Wichtigkeit ist hierbei eine recht starke Erhitzung des Bogens durch den Strom und gehörige Verdünnung der Gasolinatmosphäre. Ohne Verdünnung scheidet sich der Kohlenstoff zu grob und nur an der Oberfläche ab, ohne starke Erhitzung ist die Abscheidung ungenügend.

Damit die verschiedenen Lampen gleichen Widerstand und in Folge davon bei gleicher Stromstärke auch gleiche Lichtstärke erlangen, schaltet Maxim eine Normallampe in den Stromkreis der herzustellenden Lampe ein und leitet den Strom so lange durch, scheidet also so lange Kohle ab, bis beide gleiche Lichtstärke besitzen. Alsdann wird die Glasbirne ausgepumpt und das Glasrohr, durch welches dies erfolgte, abgeschmolzen.

Da der Kohlenbogen der Maxim'schen Lampe eine größere Strahlungsfläche besitzt, als der der vorher beschriebenen, so leuchtet sie auch heller, vorausgesetzt, daß der Strom kräftig genug ist. Bei ungenügender Stromstärke giebt sie ein gelbes Licht, ähnlich dem der gewöhnlichen Gasflamme, wie dies auf der elektrischen Ausstellung in Paris mehrmals vorgekommen sein soll. Bei starkem Strom dagegen soll die Maxim-Lampe eine Lichtstärke von zehn bis zwölf Carcelflammen erreichen können, was ungefähr den Leistungen einer Jabloschkoff'schen Kerze gleichkommt und weit über die Leistung einer Glühlampe hinausgeht. Es sollen diese Lampen seit länger als Jahresfrist in New-York ziemliche Verbreitung gefunden haben. Uebrigens hat Maxim ein vollständiges Beleuchtungssystem mit Regulator für die Stromstärke (vgl. S. 213) angegeben.

Schließlich kommen wir zu den Incandescenzlampen von

und daß die kapillaren Zwischenräume zwischen den Innenwänden der Röhrchen und den Drähten mit Gips ausgefüllt sind, der auch zur Befestigung des Glasgefäßes in der Metallfassung dient. Da durch die ungleiche Ausdehnung von Glas und Metall leicht feine Risse entstehen, die um so bedeutender werden, je stärker die Drähte sind, so hat Maxim die starken Platindrähte zerfasert und jede Faser einzeln eingeschmolzen, außen aber alle Fasern wieder vereinigt. Die Fassung ist dann noch mit Schellack oder Kopallack ausgegossen und an einer Basis aus Vulkanit oder einem andern Isolator angebracht, der einen Metallkern mit Schraubengewinde zur Befestigung der Lampe an irgend einer Stelle besitzt.



Edison. Als dieser die Versuche mit Platindraht und verschiedenen Metallen aufgegeben hatte, begann er Kohle für seine Lampen zu verwenden, und versuchte zunächst ein Gemenge von Graphit und Theer, das in Bleistiftform gebracht und unter Luftpfeife in einem Flintenlauf verkohlt wurde. Die Masse ließ sich aber nicht gut in so dünne Stifte schneiden, auch nicht biegen, wie Platindraht, und veranlaßt durch die beim Anbrennen einer Cigarette gemachte Wahrnehmung, daß die Asche eines gedrehten Papierfidibus die Form des letzteren beibehält, stellte Edison nun mit den verschiedensten Arten Papier Versuche an. Es handelte sich dabei hauptsächlich darum, der Papierkohle die nöthige Festigkeit zu geben. Die Erfolge entsprachen indessen nicht den Wünschen, selbst nicht bei Papierforten, die eigens für diese Versuche hergestellt waren, wie bei dem Papier, das aus einer sehr theuren seidenartigen Baumwolle fabriciert wurde, die auf einigen Inseln in der Nähe von Charleston wächst. Dieses Papier lieferte eine feste aschenfreie, sehr homogene Kohle, und gleichwohl ging der Strom nicht mit genügender Regelmäßigkeit hindurch. Die Ursache suchte Edison in der filzartigen Struktur des Papiers und der daraus hergestellten Kohle. Der elektrische Strom kann daher nicht dem Laufe einer Faser beständig folgen, sondern muß von Faser zu Faser überspringen, dabei jedesmal einen kleinen Volta'schen Bogen bildend, der wie wir wissen zerstörend auf die Kohle wirkt. Edison kam so zu dem Entschlusse, natürliche Pflanzenfaser zu verwenden, und um das brauchbarste Material ausfindig zu machen, wurden besondere Agenten nach China und Japan gesandt, während der Botaniker Ségador nach dem Süden der Vereinigten Staaten und dann nach der Habanna ging, wo er am gelben Fieber starb, Brennan aber nach Brasilien, wohin er schon früher Agassiz begleitet hatte. Unter den vielen Tausenden von Faserstoffen, die nun in Menlo-Park zusammenströmten, erwies sich Bambus am brauchbarsten. Da es aber sehr verschiedene Arten dieser Pflanze giebt, so wurde ein geschickter Agent Namens Moore nach Ostasien geschickt, um sowohl die Pflanzungen als die Fabriken, in denen Bambus verarbeitet wird, zu besuchen. Dabei stellte sich die erfreuliche Thatsache heraus, daß derjenige Bambus, welcher die brauchbarsten Fasern liefert, in Japan in großer Menge

wächst. 1) Es kommt hauptsächlich auf Regelmäßigkeit und leichte Theilbarkeit der Fasern an. Ursprünglich wandte sie Edison von quadratischem Querschnitt mit  $\frac{1}{5}$  mm Seite an, neuerdings giebt er ihnen eine abgeplattete Form mit  $\frac{1}{5}$  mm Dicke und 0,35 mm Breite. Die Theilung erfolgt sehr schnell und akkurat durch Maschinen. Viele Schwierigkeiten soll Edison anfangs das Auspumpen der Luft aus den Glasbehältern der Lampen verursacht haben. Bei Anwendung Sprengel'scher und Geißler'scher Quecksilberluftpumpen ging viel Quecksilber verloren, und bei der hohen Temperatur der Arbeitsräume waren Edison und seine Mitarbeiter in hohem Grade der Gefahr der Quecksilbervergiftung ausgesetzt. 2) Es gelang indessen die Pumpen in geeigneter Weise zu verbessern, so daß kein Quecksilber verloren geht, und Edison hat in Menlo-Park 500 so verbesserte Pumpen aufgestellt, welche automatisch wirken und ein sehr vollständiges Vacuum erzeugen. Die Fabrikation der Lampen wird in Menlo-Park in sehr großartigem Maßstabe betrieben: nach den Angaben, die Edison bei Gelegenheit der Pariser Elektrizitätsausstellung gemacht hat, können dort täglich gegen 1200 Lampen angefertigt werden.

Der Kohlenbogen der Edison'schen Lampe hat gewöhnlich die Form eines N und ist auf Drähten befestigt, welche die Enden nach Art von Pincetten fassen. Vorzügliche Sorgfalt wird dabei auf das luftdichte Einschmelzen dieser Drähte in die Wandungen des Glasgefäßes verwendet.

In den folgenden Figuren bemerkt man, wie vom engen (unteren) Ende eine Glasröhre ziemlich tief, fast bis zur Mitte, in den Glasballon hineinragt, und oben in eine flache Schicht dicken Glases endet. Durch diese Röhre werden nun die kupfernen Leitungsdrähte geführt, die durch die dickere Glasschicht ins Innere des Gefäßes dringen. Die einfachsten Lampen haben die Form, wie Fig. 46 zeigt, mit einfachem Kohlenbogen, das birnförmige Glasgefäß ist etwa 11,4 cm hoch und hat an der

1) Der Berichtersteller in der englischen Zeitschrift Nature (XXV, p. 448) vermuthet, daß es eine Varietät des japanischen „Schikakuhitee“ sei.

2) In den Spalten und Ritzen des Edison'schen Laboratoriums sollen sich nicht weniger als 800 Pfund Quecksilber verloren haben, und in diesen Räume wurde fast den ganzen Winter hindurch bei einer Temperatur von  $130^{\circ}$  F. ( $54^{\circ}$  C.) gearbeitet.

weitesten Stelle 6,3 cm Durchmesser. Die Leuchtkraft einer solchen Volllampe wird zu 16 Kerzen angegeben, der Widerstand zu 125 Ohm; außerdem liefert Edison auch Halblichter zu 8 Kerzen Leuchtkraft. Fig. 47 zeigt eine Lampe mit zwei parallel geordneten Bogen. In andern Lampen werden zwei Bogen in gekreuzter Stellung angebracht, oder auch mehr als zwei Bogen

Fig. 46.

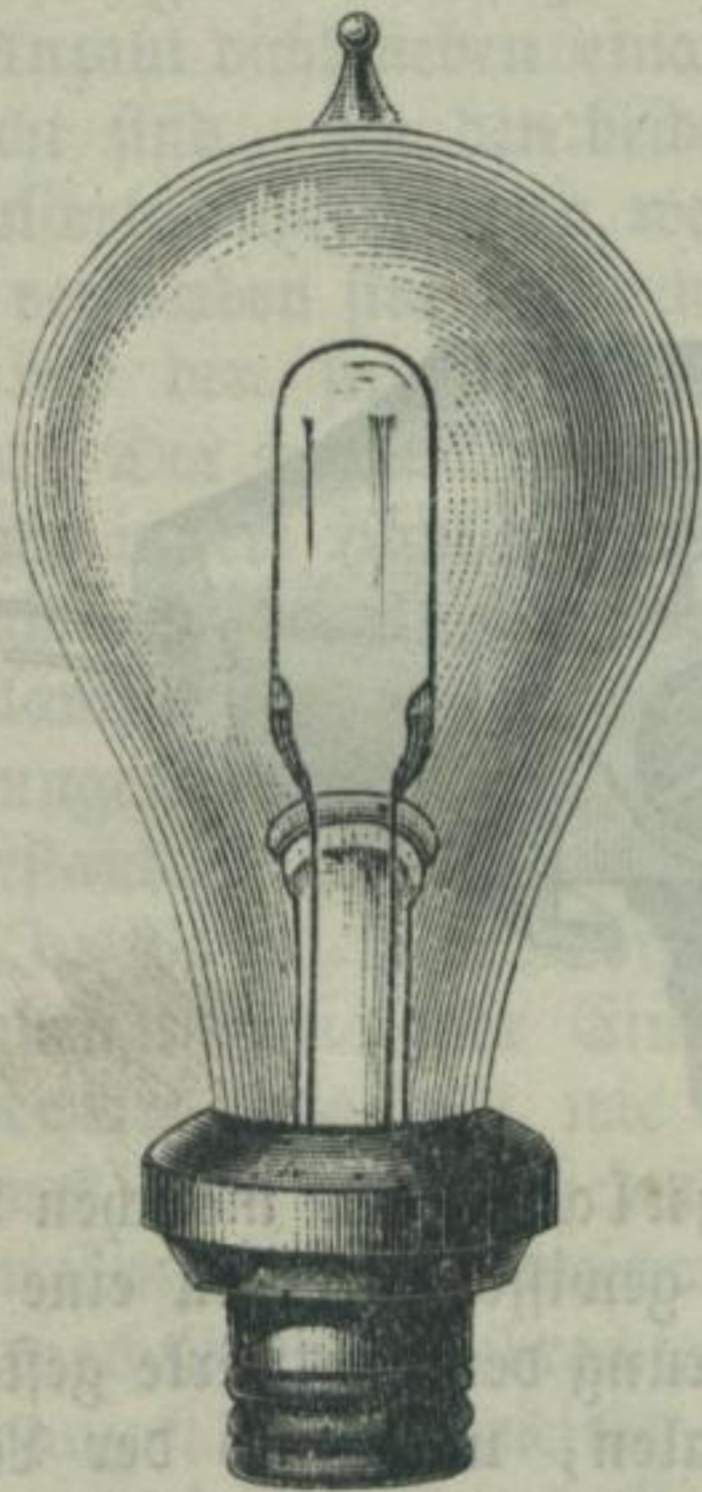
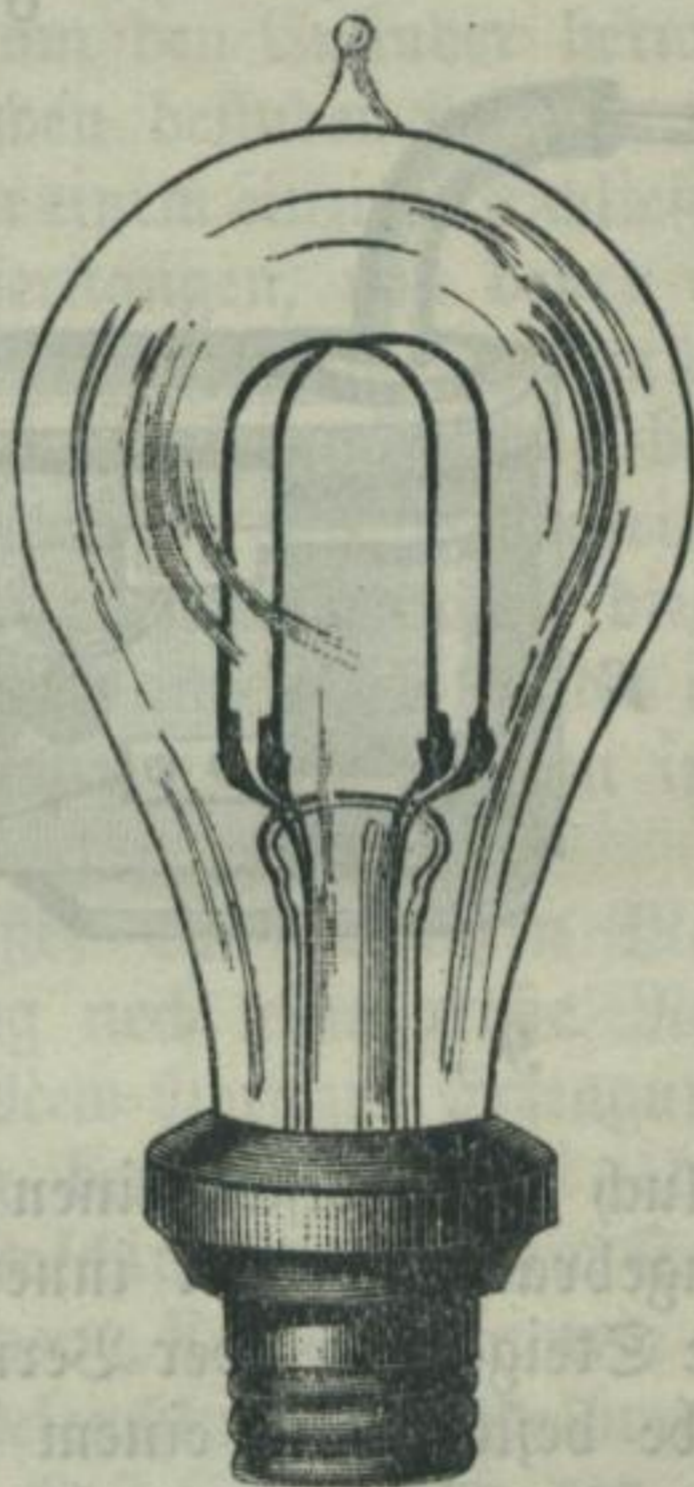


Fig. 47.



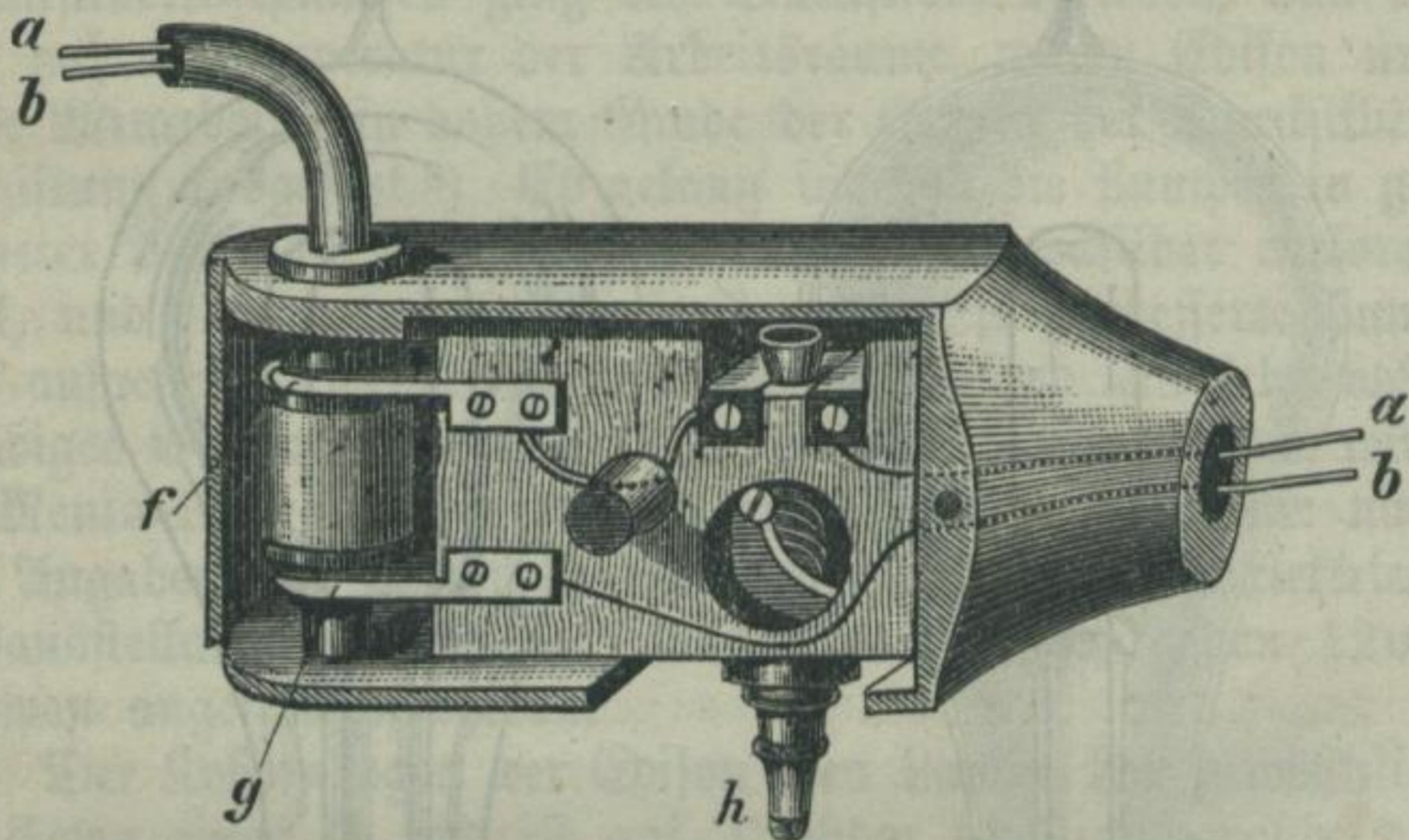
in paralleler Anordnung. Auch Spiralen mit horizontaler Achse kommen vor.

Es ist bemerkenswerth, daß Edison seine elektrischen Beleuchtungsanlagen durchweg den für Gasanlagen gebräuchlichen analog gestaltet: er bringt beispielsweise die Glasballons mit den Kohlenbögen an den Enden von Wandarmen mit mehreren Gelenken an, ordnet sie als Hängelampen, u. dgl. mehr. Fig. 48 zeigt die Art und Weise, wie in den Charnieren eines Wandarms die Verbindung hergestellt wird: a und b sind die Leitungsdrähte, f und g ein Paar Schleiffedern, welche zur Ueberleitung des Stromes dienen. Außerdem sieht man noch den Schlüssel h, der zur Unterbrechung oder Schließung des Stro-

mes dient; derselbe ist natürlich nur an dem einen Charnier angebracht.

Damit der zarte Kohlenbogen der Lampe bei etwaigem Anwachsen des Stromes nicht Schaden leidet, ist noch bei jeder Lampe ein Stück Bleidraht in die Leitung eingeschaltet, welches ins Glühen geräth und schließlich schmilzt, wenn der Strom zu bedeutend wächst; die Lampe erlischt dann.

Fig. 48.



Auch hat Edison einen Regulator an manchen Lampen angebracht, welcher innerhalb gewisser Grenzen eine willkürliche Steigerung oder Verminderung der Lichtstärke gestattet. Derselbe besteht aus einem vertikalen, unterhalb der Lampe angebrachten Cylinder, welcher eine Anzahl Kohlenstäbchen von verschiedenem Durchmesser enthält. Durch Drehung einer Scheibe wird bewirkt, daß ein beliebiges Stäbchen in die Stromleitung eingeschaltet und dadurch die Stromstärke modificiert wird. Zur Vermeidung zu starker Erhitzung der Kohle ist der Cylinder durchlöchert.

Was die Dauerhaftigkeit anlangt, so soll ein Kohlenbogen etwa 1200 Stunden lang leuchten können, worauf er allerdings unbrauchbar ist. Doch würde die Neuanschaffung der Lampen keine zu große Ausgabe verursachen, da Edison dieselben für ungefähr eine Mark das Stück herstellen will.

Edison hat sein Beleuchtungssystem in alle Einzelheiten ausgebildet und für die praktische Einführung brauchbar zu

machen gesucht. Er hat eine dynamoelektrische Maschine konstruiert, die zwar principiell nichts Neues bietet, sich aber in der äußern Anordnung auffallend von allen andern unterscheidet durch die Größe der aufrechtstehenden festen Elektromagnete, zwischen deren unteren, aus weichem Eisen bestehenden Polen ein Cylinder-Induktor rotiert, der an den Siemens'schen erinnert. Die Armatur desselben wird aus isolierten Kupferstangen von trapezoidalem Querschnitt gebildet, von denen eine Anzahl dicht neben einander um den Cylinder herum angebracht sind. An den beiden Enden befinden sich von einander isolierte Kupferplatten, welche zu einem einzigen Schließungskreis verbunden sind mit den Kupferstangen, von denen immer zwei mit den stromsammelnden Schleiffedern in Berührung stehen. Der große Querschnitt der Kupferumhüllung bewirkt, daß der innere Widerstand der Maschine nur sehr gering ist; dadurch wird bei Anwendung der großen Widerstand bietenden Glühlampen eine weiter gehende Theilung des Stromes in Abzweigungen möglich als bei Maschinen mit großem inneren Widerstand.

000 In Paris hatte Edison außer einer kleinern Maschine von eben beschriebener Einrichtung noch eine große Maschine von der Art ausgestellt, wie er in New-York zur Erzeugung des Stromes für Straßenbeleuchtung benutzt.<sup>1)</sup> Zwei ähnliche, nur in Einzelheiten abweichende Maschinen wurden im Sommer d. J. nach London gebracht, um der „Edison Electric Light Company“ die Elektricität zur Beleuchtung des Holborn Viadukts, eines Theils des General Post Office und des ganzen City Temple zu liefern.<sup>2)</sup> Das magnetische Feld wird bei einer solchen Maschine gebildet von 12 in 3 Reihen über einander liegenden horizontalen Elektromagneten von 2,44 m Länge, welche zu je 6 parallel geschaltet sind; zwei Reihen liegen am oberen, die dritte liegt an dem untern Polschuh, die hintern Enden aller drei Reihen sind durch eine massive Platte mit einander verbunden. Der cylindrische Anker besteht aus 2200 dünnen, mit Seidenpapierlagen abwechselnden, durch 8 Bolzen zusammengehaltenen Eisenscheiben; in Abständen von je 0,3 m liegt dagegen,

1) Beschreibung im Scientific American, Vol. 45, p. 367.

2) Engineering, Vol. 33, p. 226; Elektrotechn. Ztschr. Juli 1882, S. 279.

um dem Anker die nöthige Steifigkeit zu geben, eine dicke Eisenscheibe. Die Bewickelung des Ankers wird von 108 Kupferstäben gebildet, welche in der nöthigen Abwechslung an der gleichen Zahl isolirter Kupferscheiben endigen, eine der Länge nach über den Eisenkern gewickelte Spirale von sehr geringem Widerstand bildend. Dieser beträgt im Anker nur 0,00049 Ohm, in der die Schenkel enthaltenden Abzweigung aber 21 Ohm. Die Länge des Ankers beträgt 1,52 m, sein Gewicht über 4000 kg, sein Durchmesser 0,71 m, das Loch in den Polschuhen hat einen nur 6,3 mm größeren Durchmesser. Zum Schutze gegen die Wirkungen der Centrifugalkraft, die bei 350 Umdrehungen in der Minute sehr beträchtlich sind, hat man die Stäbe noch in kurzen Abständen mit Windungen von Stahldraht über Glimmerbänder umwickelt. Drei Luftströme, welche ein kleiner Ventilator liefert, werden dem Anker in seiner Mitte zugeführt und entweichen merklich warm an beiden Enden, ihn auf solche Art abkühlend. Von den beiden Dynamomaschinen dient die eine nur zur Reserve, die jeweilig aktive wird von einer horizontalen Porter'schen Dampfmaschine von 130 Pferdestärken getrieben und liefert den Strom für mehr als 1000 Lampen zu 16 Kerzen.

Maxim, Brush u. A. regulieren die Stromstärke automatisch, indem durch den Strom selbst ein Einfluß auf die Rotationsgeschwindigkeit der Maschine geübt wird; Edison nimmt dagegen diese Regulierung durch Einschaltung passender Widerstände vor. Zu dem Zwecke führt auf der Centralstation eine vom Hauptstrom abgezweigte Nebenleitung durch einen Widerstand von 18000 Ohm nach einem Thomson'schen Galvanometer, welches die Stromstärke mißt, und außerdem wird mit Hilfe eines Photometers die Lichtstärke gemessen, welche der Strom in einer Glühlampe erzeugt. Auf Grund dieser Messungen wird dann mit Hilfe eines Kommutators ein größerer oder geringerer Widerstand in den Stromkreis des inducierenden Elektromagneten der Maschine eingeschaltet und dadurch dessen erregende Kraft entsprechend geändert.

Edison hat ferner ein vollständiges System der Vertheilung des elektrischen Stromes von einer Centralstation aus nach den einzelnen, auf verschiedenen Plätzen und Straßen und in den einzelnen Häusern einer Ortschaft vertheilten Verbrauchsstellen

angegeben, eine sogenannte „elektrische Kanalisation“, die er in Menlo-Park seit längerer Zeit schon erprobt hat und die neuerdings in einen Theile von New-York eingeführt worden ist. Die Leitungen, mittels deren der Strom von der Centralstation nach den einzelnen Gebäuden zc., wo sich Lampen befinden, hingeführt wird, bestehen aus Kupferstäben von halbkreisförmigem Querschnitt, welche durch eine pechartige Masse von einander isoliert, in eine unterirdische eiserne Röhre von ungefähr 5 cm Durchmesser eingebettet liegen. Sowie von dem Haupttröhrenstrang einer Gasleitung schwächere Röhren in die einzelnen Häuser abzweigen, so gehen auch von den starken Leitungen Edison's schwächere Drähte ab. Diese Abzweigungsstellen sind mit eisernen Kästen umschlossen. Der eine der beiden Zweigleitungsdrähte ist dabei direkt mit der betreffenden Hauptleitung verbunden bei dem andern ist zur Sicherung gegen Ueberhitzung ein Bleidraht eingeschaltet.

Höchst interessant ist endlich das der Gasuhr bei der Gasbeleuchtung entsprechende registrierende Voltameter, welches Edison angegeben hat, um in den einzelnen Hausständen die Elektrizitätsmenge zu bestimmen, die verbraucht worden ist und auf Grund deren die Bezahlung seitens der Konsumenten erfolgen soll. An jedem Arm eines Wagebalkens hängt eine aufgerollte Platte Kupferblech, die in eine Lösung von Kupfervitriol taucht. In das eine Gefäß mit Kupfervitriol ist der negative Pol der Leitung geführt, in das andere der positive, so daß die eine Kupferplatte zur positiven Elektrode wird, die andere zur negativen. Werden nun die in dem Stromkreise befindlichen Lampen entzündet, wird also der Stromkreis geschlossen, so geht der Strom durch die beschriebene Vorrichtung und es bildet sich auf der negativen Elektrode ein KupfERNIEDERSCHLAG, während von dem positiven Kupfer in Lösung geht. In Folge dessen wird die negative Platte schwerer und die Einrichtung ist nun so getroffen, daß bei einer gewissen Gewichts-differenz der Wagebalken ausschlägt. Durch diese Bewegung wird ein Stromwechsel bewirkt, so daß nunmehr diejenige Platte, welche bisher die positive Elektrode bildete zur negativen wird und umgekehrt. Der Prozeß geht sodann von Neuem in entgegengesetztem Sinne vor sich, bis der Wagebalken nach der anderen Seite ausschlägt u. s. f. Die Häufigkeit, in welcher solches geschieht, hängt ab von der

Strommenge, welche durch die Leitung cirkuliert, so daß an einem Zählapparat, welcher die Anzahl der Schwingungen des Wagebalkens auf elektromagnetischem Wege registriert, die Quantität des verbrauchten elektrischen Stromes abgelesen werden kann.

Schon auf der Elektrizitätsausstellung in Paris war das Edison'sche Beleuchtungssystem sehr glänzend vertreten, indem zwei Säle im Obergeschoß des Ausstellungsgebäudes mit Lampen dieses Systems erleuchtet waren. Die Wände dieser Säle waren, um die Wirkung des Lichtes besser hervortreten zu lassen, mit Gobelins drapiert; in jedem Sale hing in der Mitte ein Lüster mit etwa 60 Lichtern, 16 kleinere mit je 3 Lichtern waren über die Räume vertheilt, außerdem waren noch zahlreiche Wandarme angebracht und auf den Tischen Stehlampen aufgestellt. Noch brillanter war aber die in diesem Jahre im Sydenhamer Krystallpalaste in London abgehaltene Ausstellung.<sup>1)</sup> In dem einen der beiden Räume, die Edison beleuchtete, in dem für theatrale Aufführungen bestimmten Entertainment Court, bildete ein etwa  $\frac{1}{2}$  Ton schwerer Kronleuchter von konischer Form, von ungefähr 15 Fuß Höhe und 10 Fuß Durchmesser, einen Blumenstrauß darstellend, der sich aus einem goldenen Korbe erhebt, den Hauptgegenstand des Interesses. Das Blattwerk bestand aus reich vergoldetem Messing, die Blumen waren aus Glas von verschiedenster Farbe hergestellt, und in ihren Kelchen waren die Lampen angebracht, 99 an der Zahl und in drei Abtheilungen durch Hähne regulierbar. Kleinere Lüster, mehr für bürgerliche Wohnräume geeignet, waren auf der Bühne angebracht; dazu kamen noch einzelne Lampen in der mannigfaltigsten Ausstattung. Im andern Räume, dem Concert Room, in welchem die allabendlichen Orgelproduktionen zahlreiche Besucher anlockten, waren gegen 280 Edison'sche Glühlampen angebracht, darunter gegen 40 Halblichter (zu 8 Kerzen). Von den Volllichtern (zu 16 Kerzen) befanden sich 120 in Guirlanden, die zwischen den Pfeilern der Galerien aufgehängt waren, die übrigen waren theils zu je 4 unter den Galerien aufgehängt, theils an einem großen Krystalllüster befestigt, der von der Decke niederhing. Die Gesamtzahl aller Lichter im Entertainment Court und Concert

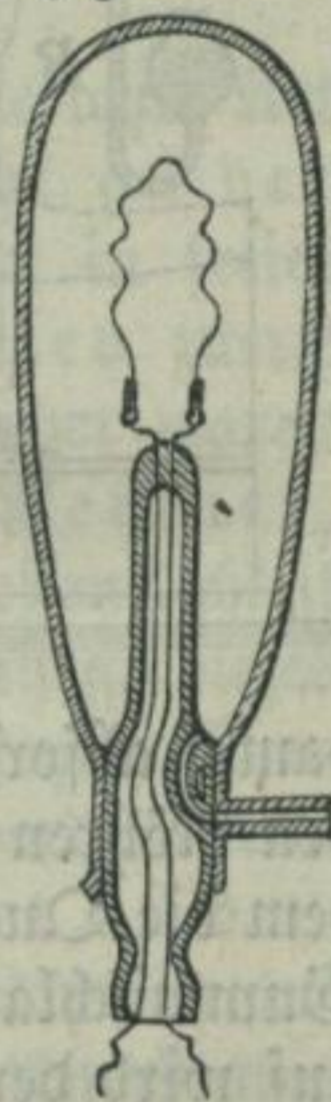
<sup>1)</sup> Nature XXV, p. 446.



Room betrug ungefähr 500, wozu noch die im Zugang zur Eisenbahnstation befindlichen kamen, etwa 200. Für alle 700 Lampen waren 12 Dynamomaschinen in Thätigkeit, von denen je 4 durch eine Robey-Dampfmaschine von 25 nominellen Pferde-  
stärken getrieben wurden.

Der Edison'schen ähnlich ist die Glühlampe von Ludwig H. Böhm; dieser hat aber zugleich dem Uebelstande ab-  
zuhelfen versucht, der mit der Zerstörung des Kohlenbogens ver-  
bunden ist und hat deshalb seine Lampe, welche in Fig. 49  
dargestellt ist, zerlegbar gemacht. Die Lampe besteht nämlich  
aus zwei Theilen: einer luftleeren Glocke und einem inneren  
Theil oder Stöpsel, der in den Hals der Glocke  
eingeschliffen ist. Die Evakuierung der Lampe ge-  
schieht durch einen Kanal im Stöpsel und eine kleine  
Ansaßröhre am Hals der Glocke. Die Leitungs-  
drähte gehen durch den Stöpsel hindurch und sind  
am oberen Ende in demselben eingeschmolzen. Die  
über das Ende des Stöpsels hervorragenden Pla-  
tindrähte sind mit Klammern zum Halten der  
Kohlenschleife versehen. Im unteren, hohlen Ende  
des Stöpsels befindet sich ein Kanal, dessen eines  
Ende in die Glasglocke mündet, während das an-  
dere mit dem Ansaßröhrchen am Glockenhals kom-  
municirt. Für Herstellung der Luftleere in der  
Lampe wird das kleine Ansaßröhrchen mit der Luft-  
pumpe in Verbindung gebracht.

Fig. 49.



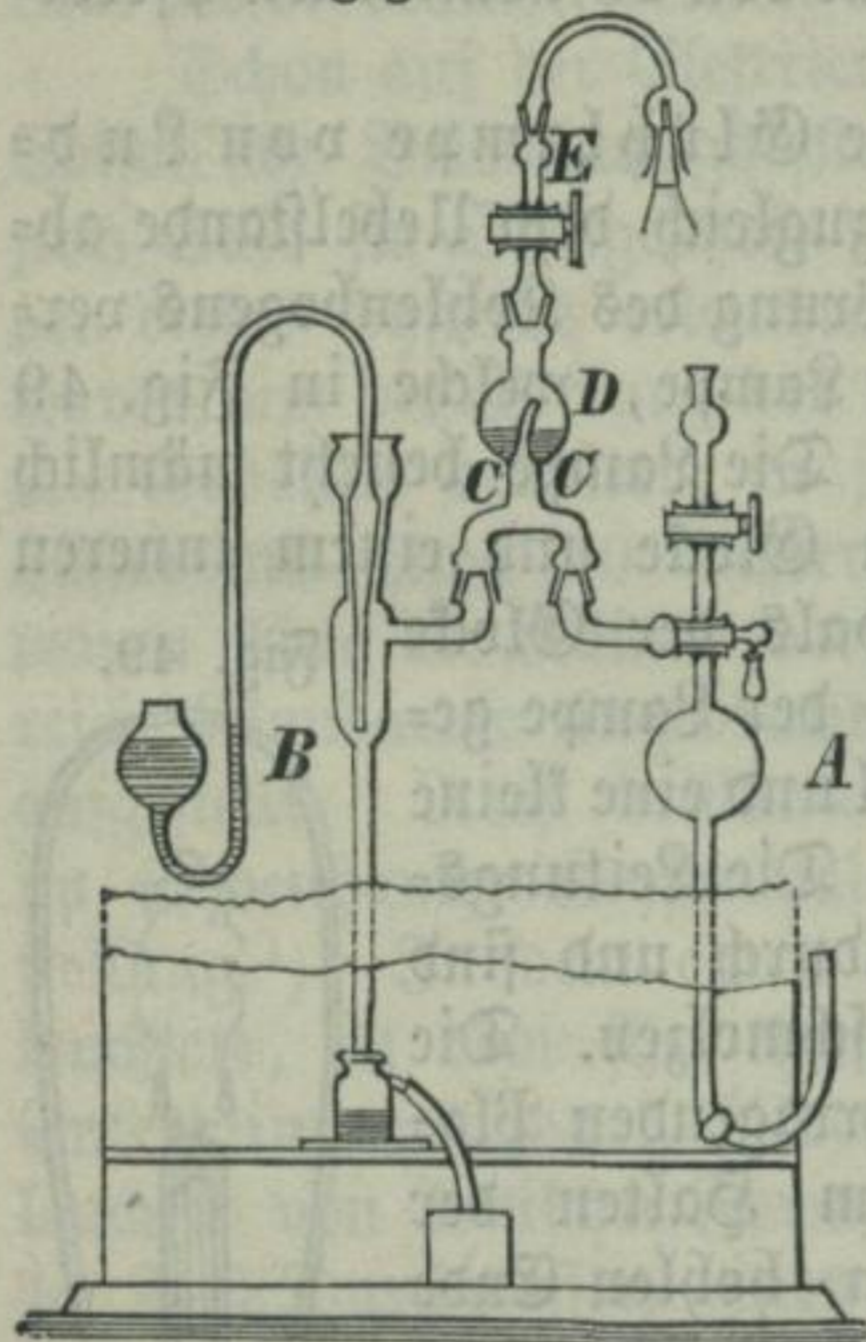
Sobald der gewünschte Grad der Luftleere  
vorhanden ist, dreht man den Stöpsel um seine Achse, so daß  
das innere Röhrchen nicht mehr mit der Oeffnung des Ansaß-  
röhrchens kommuniziert und die Lampe ist ohne Weiteres ge-  
schlossen. Die Schließung geschieht also nicht durch Abschmel-  
zung, wie bei anderen Glühlichtlampen. Wenn eine neue Kohle  
einzusetzen ist, wird einfach die Lampe zerlegt, die Kohle ein-  
gesetzt und die Evakuierung vorgenommen.

Zur Herstellung der Luftleere bedient sich Böhm der in  
Fig. 50 abgebildeten Vakuum-Pumpe, welche eine äußerst wirk-  
same Kombination der bekannten Geißler'schen und Sprengel's-

1) Centralzeitung für Optik u. Mechanik. III. Jahrg. Nr. 9, S. 102.

sehen Pumpen ist. Die Geißler-Pumpe A und die Sprengel-Pumpe B sind durch ein Verbindungsstück C C und einen Lufttrocknungs-Apparat D mit der Lampe verbunden. Das Anschlußstück E

Fig. 50.



führt nach der zu evakuierenden Lampe. In demselben befindet sich ein Glashahn, welcher geschlossen wird, wenn eine evakuirte Lampe abgenommen werden soll, um zu verhindern, daß Luft von gewöhnlichem Druck in das evakuirte Röhrensystem eintritt. Ist eine neue Lampe angelegt, so wird der Hahn E geöffnet und die Geißler'sche Pumpe in Thätigkeit gesetzt. Die Luft aus der Lampe vertheilt sich nun gleichmäßig in die noch von vorher evakuirten Röhren, wobei sie durch das Trockengefäß D streicht, welches mit wasserfreier Phosphorsäure gefüllt ist, die den Wasserdampf absorbiert.

Durch den unteren Hahn tritt die Luft aus den Röhren nun in die Kugel der Geißler'schen Pumpe A, nachdem die Quecksilberflasche, welche mit der Glaskugel durch einen Gummischlauch verbunden auf den Boden gestellt worden ist. Darauf wird der untere Hahn so gestellt, daß die vorige Verbindung aufgehoben, aber eine neue zwischen der Glaskugel und der darüber stehenden Röhre hergestellt wird. Nun hebt man die Quecksilberflasche wieder auf das Wandbrett, wodurch das Quecksilber in die Kugel steigt und daraus die Luft nach oben verdrängt. Nachdem dann der Hahn wieder umgestellt ist, beginnt das Spiel von Neuem. Auf diese Weise wird das ganze Röhren-System und die Lampe bis auf einen gewissen Grad evakuirt, worauf dann die Sprengel-Pumpe B — und zwar automatisch — in Thätigkeit tritt.

Die Sprengel'sche Pumpe wird durch einen Quecksilberstrahl getrieben, der aus einer vertikalen Röhre in eine Luftkammer und dann in die darunter befindliche Röhre fällt, wobei das mit der Luftkammer verbundene Röhrensystem und die

Lampe evakuiert werden. Mit dieser Pumpe kann man eine sehr starke Verdünnung erlangen. Das Quecksilberreservoir derselben ist aber nicht über der Luftkammer, sondern neben derselben angebracht und durch eine S förmige Röhre mit der Abflußröhre verbunden. Bei gewöhnlichem Drucke kann also die Sprengel'sche Pumpe nicht in Thätigkeit kommen, da das Quecksilber nicht in der S förmigen Röhre emporsteigt. Ist aber durch die Geißler'sche Pumpe eine theilweise Luftleere hergestellt, so wird das Quecksilber durch den Druck der atmosphärischen Luft in der S = Röhre empor getrieben, bis es schließlich durch die Sprengel'sche Pumpe fließt. An dem Stand des Quecksilbers kann man zugleich den Grad der Luftleere erkennen, welche durch die Geißler'sche Pumpe erzeugt worden ist.

Mit wenig Worten müssen wir endlich noch die letzte Art elektrischer Lampen erwähnen, bei denen das Licht an der Berührungsstelle zweier Kohlenelektroden in freier Luft auftritt. Nach Fontaine's Angabe hat Barley zuerst eine derartige Lampe herzustellen versucht; erfolgreicher waren die Bemühungen von Berdermann und Emil Reynier, die beide 1878 mit ihren Erfindungen an die Oeffentlichkeit traten. Die betreffenden Lampen sind im XV. Jahrg. dieses Jahrb. S. 217 und 222 beschrieben worden. Der Reynier'schen Lampe ähnelt die in demselben Jahre bekannt gewordene von Marcus und später haben Trouvé, Ducretet, Tommasi u. a. verschiedene Neuerungen an derartigen Lampen angebracht; auch Reynier selbst hat seine frühere Anordnung vervollkommnet.<sup>1)</sup> Indessen hat bis jetzt keine der Lampen dieses Systems eine umfängliche Anwendung gefunden, wahrscheinlich wegen des starken Stromverlustes an der Uebergangsstelle.

Nächst der Beschreibung der verschiedenen Lampen hätten wir uns nun noch mit den bei den einzelnen Systemen üblichen Schaltungsweisen zu beschäftigen. Die Rücksicht auf den zu Gebote stehenden Raum nöthigt aber, davon abzusehen und auf die Schriften zu verweisen, die sich eingehender mit der elektrischen Beleuchtung beschäftigen.<sup>2)</sup>

1) Vgl. Alglave u. Boulard, S. 137 u. f.

2) Außer den Werken von Fontaine, Alglave und Boulard, Urbanitzky vgl. noch Schellen, die magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen. 2. Aufl. 1882; Hölthof, das elektrische Licht. 1882.

Obgleich noch nicht aus dem Stadium des Versuches herausgetreten, findet das elektrische Licht doch schon eine vielseitige und ausgebreitete Anwendung. Theils sind es große Einzellichter, meist Serrin'sche Regulatoren, die auf Leuchttürmen, sowie in Fabriken und Werkstätten benutzt werden, oder Differential-Lampen und auch Glühlichter, mit denen Eisenbahnhallen, öffentliche Plätze und Straßen beleuchtet werden. Auch in Deutschland ist dieses Beleuchtungssystem schon ziemlich verbreitet, und abgesehen von der Anwendung des elektrischen Lichtes durch Private sind bereits eine Anzahl deutscher Bahnhöfe, sowie in Berlin der Potsdamer Platz und die Leipziger Straße mit Siemens'schen Differential-Lampen beleuchtet. Für Wohnräume dürften insbesondere die bei uns anfangs ziemlich allgemein verkannten Glühlichtlampen eine bedeutende Zukunft haben. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß die im Herbst dieses Jahres in München abzuhaltende elektrotechnische Ausstellung zur weiteren Verbreitung der elektrischen Beleuchtung in unserem Vaterlande vieles beitragen wird. Ist erst ein großer Absatz gesichert, so wird es dem Wettstreit der Gelehrten und Fabrikanten auch gelingen, die noch vorhandenen Mängel der verschiedenen Systeme zu beseitigen und namentlich die Kosten möglichst zu vermindern.

#### Telephon und Mikrophon.

Von neuen Telephonkonstruktionen erwähnen wir zunächst das Telephon von Böttcher<sup>1)</sup>, dessen Eigenthümlichkeit darin besteht, daß der Magnet nicht fest mit dem Gehäuse verbunden ist, sondern durch Schrauben und Stahldrähte freischwebend in demselben gehalten wird, wodurch es ihm ermöglicht ist, innerhalb gewisser Grenzen die Schwingungen der Membran in entgegengesetzter Richtung mitzumachen. Wenn nämlich die Membran sich dem Magneten nähert, so wird die Anziehung verstärkt, und der Magnet geht nach der Membran hin, während bei einer entgegengesetzten Bewegung der Membran der Magnet wieder in seine frühere Lage zurückkehrt. Man sieht, daß auf diese Weise der Unterschied der verschiedenen Abstände zwischen Membran und Magnet und in Folge

1) Centralzeitung für Optik u. Mechanik, II. Jahrg. (1881), Nr. 22, S. 257.

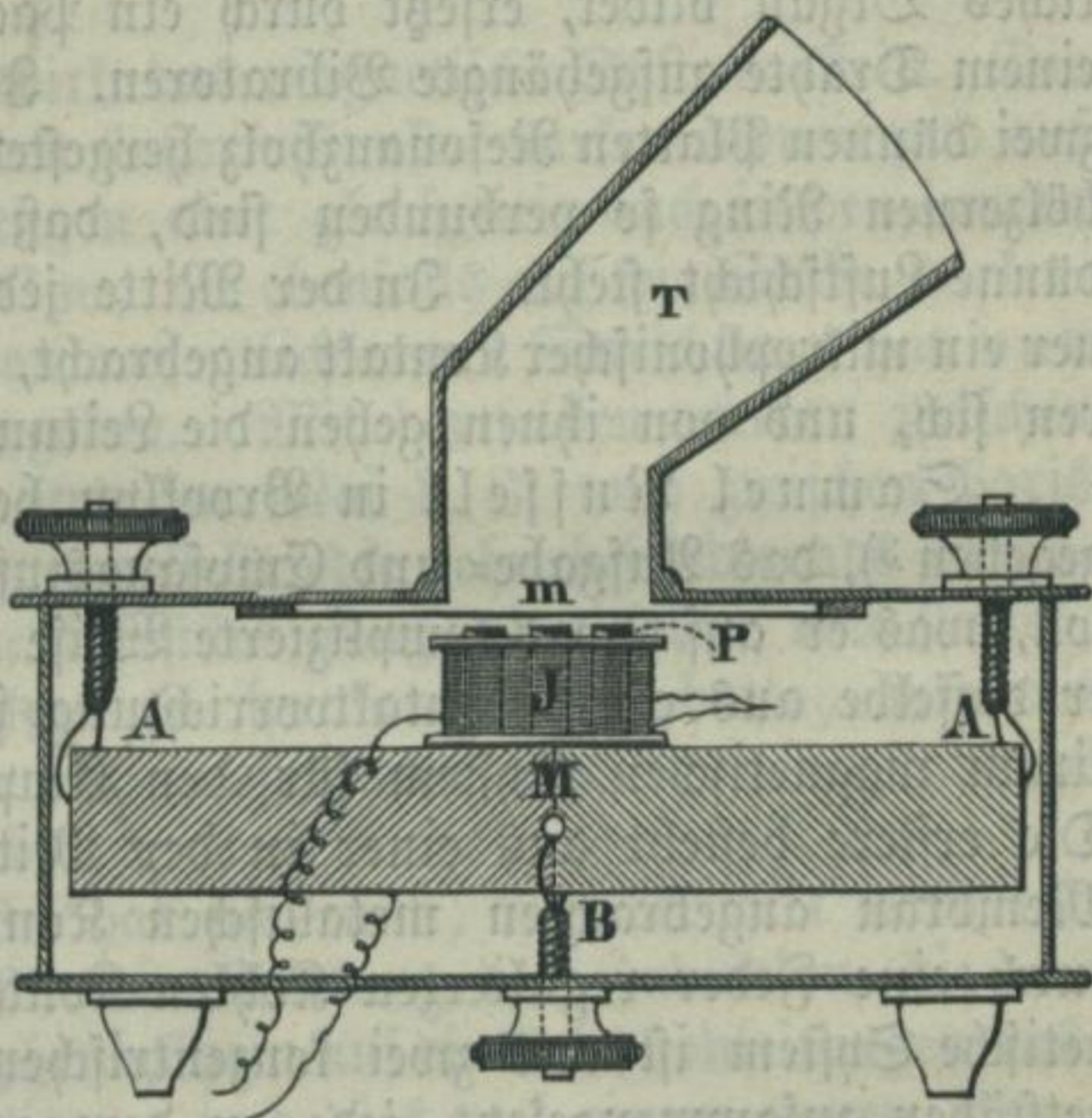
dessen auch die Induktion und die Wirkung im Empfangsapparat bedeutend größer ist als bei den früheren Telephonen.

Die Einrichtung ist aus dem Profil Fig. 51 erkennbar: M ist der Magnet, welcher durch die beiden Schrauben A nach oben, durch Schraube B aber nach unten gezogen wird. Auf ihm ist die Induktionsrolle J angebracht, die aber nicht auf einen Polschuh aus massiven Eisen sitzt; sondern es wird dieser Polschuh durch drei etwas von einander abstehende Eisenstäbchen gebildet, wodurch ein schnellerer Wechsel des Magnetismus ermöglicht wird. Im

Fig. 51.

Abstände von  $\frac{1}{2}$  mm über den Polschuh P ist die Membran m ausgespannt; durch die Schrauben A und B läßt sich der Abstand regulieren.

Beim Sprechen bringt man den Mund möglichst nahe an den Trichter T; beim Hören dagegen braucht man nicht so dicht mit dem Ohr heranzukommen, man kann sogar, wo es ganz ruhig ist, aus einer Entfernung von 1 m und noch weiter verstehen. Als Signal genügt meistens ein bloßer Anruf oder der Ton eines Trompetchens.



Bei größeren Fernsprecheinrichtungen für Städte, Feuerwehren, Fabriken etc. ist es zweckmäßig einen kombinierten Apparat mit einer einzigen Leitung anzuwenden, bestehend aus einem Böttcher'schen Telephon zum Sprechen, einem kleinem Telephon zum Hören, einer Weckerklingel, einem Morsetaster zur Einschaltung der Batterie der gebenden Station in die Leitung und Alarmierung der Empfangstation, einem Blitzableiter und einer Umschaltuvorrichtung.<sup>1)</sup>

1) Bezüglich der weiteren Beschreibung dieser Apparate, sowie

Das Telephon von J. H. Königslicb in Hamburg <sup>1)</sup> zeichnet sich vor dem Bell'schen und andern Fernsprechern, deren Gehäuse massiv sind, dadurch aus, daß der zwischen der schwingenden Membran und dem (hufeisensförmigen) Magneten befindliche Theil des Gehäuses zu einem dünnwandigen Schallkasten gestaltet ist, welcher wieder von einem Resonanzkasten mit Schalllöchern umgeben ist. Der Erfinder will damit eine wesentliche Verstärkung des Tones erreichen.

Bei dem Telephon von W. Main in Brooklyn <sup>2)</sup> ist das Diaphragma, welches bei andern Telephonen ein wesentliches Organ bildet, ersetzt durch ein Paar freischwebende, an einem Drahte aufgehängte Vibratoren. Jeder Vibrator ist aus zwei dünnen Platten Resonanzholz hergestellt, welche durch einen hölzernen Ring so verbunden sind, daß zwischen ihnen eine dünne Luftschicht steht. In der Mitte jedes Vibrators ist ferner ein mikrophonischer Kontakt angebracht, beide Kontakte berühren sich, und von ihnen gehen die Leitungsdrähte aus.

Samuel Russell in Brooklyn hat ein Telephon angegeben <sup>3)</sup>, das Aufgabe- und Empfangsinstrument zugleich sein soll, was er auf etwas komplizierte Weise dadurch erreicht, daß er dasselbe aus einer Kontaktvorrichtung für die Aufgabe und einem magnetischen System für den Empfang zusammensetzt. Die erstere besteht aus einer in der Mitte der schwingenden Membran angebrachten metallischen Kontaktspitze und einem durch eine Feder regulierten Kohlen-Kontaktstück. Das magnetische System ist aus zwei konzentrischen Reihen von Magnetstäben zusammengesetzt, jede an dem an der Membran befindlichen Ende umgeben mit zwei Induktionsspulen, die an der Membran befestigt sind. Die innern Spulen beider Reihen sind in den Stromkreis einer Lokalbatterie, die äußern in die Linienleitung eingeschalten. Wenn nun die Membran schwingt, so wird die Innigkeit des Kontaktes zwischen den zwei Kontaktstücken im Rhythmus der Schwingungen verändert, der Strom

der nachstehend erwähnten Telephone und Mikrophone verweisen wir auf die demnächst im Verlag des Jahrb. erscheinende zweite Auflage der Schrift „Das Telephon, das Mikrophon und der Phonograph“.

1) Elektrotechn. Ztschr. Februar 1882, S. 86.

2) Centralzeitung für Optik u. Mechanik. 1882, Nr. 2, S. 23.

3) Ztschr. für Instrumentenkunde, Juni 1882, S. 225; Elektrotechn. Ztschr. März 1882, S. 126.

der Lokalbatterie, der die innern Spulen umfließt, wird also undulierend und erzeugt nun in den äußeren Spulen undulierende Induktionsströme, die direkt durch die Hauptleitung nach der Empfangsstation gehen. Bei den Schwingungen der Membran erregt aber auch der wechselnde Magnetismus der Eisenstäbe, gerade so wie beim gewöhnlichen Bell'schen Telephon, Induktionsströme in den Spulen, von denen die der äußern Spulen direkt in die Linienleitung gehen, während die der innern Spulen erst wieder in den äußern Spulen sekundäre Induktionsströme erregen, die dann nach der Empfangsstation gehen.

Beim Empfang wirkt das magnetische System allein. Die primären Ströme in den äußern Spulen wirken inducierend auf die Magnetstäbe, erzeugen aber gleichzeitig auch in den innern Stäben sekundäre Ströme, die ebenfalls auf die Stäbe wirken.

Ein Telephon von wesentlich neuer Einrichtung hat van Nysseberghe angegeben. Mit demselben wurden zwischen Brüssel und Ostende und im Mai d. J. auch zwischen Paris und Brüssel Versuche angestellt, die sehr befriedigende Ergebnisse lieferten.<sup>1)</sup> Die Verständigung ging leicht von statten, ohne daß man sehr laut zu sprechen nöthig hatte, nur mit klarer Stimme und deutlich mußte man sprechen, wie es immer beim Fernsprechen geboten ist.

Van Nysseberghe hat sich, und, wie berichtet wird mit Erfolg bemüht, die störende Wirkung der Induktion, die von benachbarten Telegraphendrähten auf die Telephonleitungen ausgeübt wird, zu beseitigen, und dies auf einem neuen Wege. Während nämlich die bisherigen Versuche dahin gerichtet waren, der Entstehung der Induktionsströme in der Telephonleitung, also da wo sie sich störend geltend machen, entgegen zu wirken, richtete van Nysseberghe sein Augenmerk vielmehr auf die Telegraphendrähte, von denen die inducierende Wirkung ausgeht. Jedesmal, wenn die Taster des Telegraphenapparates niedergedrückt und ein Strom durch die Leitung gesandt wird, wird auch in dem benachbarten Telephondraht ein Induktionsstrom erregt; und ebenso entsteht ein solcher, nur in entgegengesetzter Richtung, jedesmal bei der Unterbrechung des Stromes. Diese

1) La lumière électrique, Vol. VI, p. 499; Elektrotechn. Ztschr. Juni 1882, S. 244; The Electrician, August 1882, p. 154.

plötzlich eintretenden und rasch auf einander folgenden Ströme verursachen aber im Telephon ein knackendes Geräusch, das äußerst störend wirkt und die Deutlichkeit der telephonischen Korrespondenz wesentlich beeinträchtigt. Van Kyffelberghe sucht nun dieses Geräusch dadurch zu beseitigen, daß er die Ströme nicht plötzlich mit voller Intensität in die Telegraphenleitung sendet und ebenso nicht plötzlich unterbricht, sondern allmählich; an die Stelle momentan und mit ziemlicher Intensität eintretender Induktionsströme tritt dann eine Reihe schwacher auf einander folgender Impulse, welche auf das Diaphragma des Empfangstelephones keine so stark hörbare Wirkung üben. Dieses Ziel hat nun van Kyffelberghe durch verschiedene Hilfsmittel zu erreichen versucht. Das eine besteht in der Anwendung von Tastern mit Rheostaten von solcher Einrichtung, daß bei ihrem Niederdrücken eine Reihe von Widerständen zwischen Batterie und Leitung eingeschaltet wird, die von Unendlich bis Null abnehmen. Diese Rheostaten bestehen aus Substanzen von mittlerer Leitungsfähigkeit, gegen welche eine am Tasterhebel befestigte Bürste gedrückt wird. Ungefähr dieselbe Wirkung einer nur allmählichen Ladung und Entladung der Linie wird auch erreicht durch Anbringung eines Kondensators an der Telegraphenleitung. Wenn der (gewöhnliche) Taster niedergedrückt und ein Strom in die Leitung gesandt wird, so theilt sich dieser, indem ein Theil in den Kondensator geht, der geladen wird. Dieser Theil wird mit steigender Ladung des Kondensators immer geringer und es geht also ein Strom von wachsender Intensität durch die Leitung. Umgekehrt tritt bei Unterbrechung des Stromes eine immer schwächer und schwächer werdende Entladung des Kondensators ein. Am besten sind die Resultate, wenn beide Hilfsmittel zugleich angewandt werden.

Mit dem verbesserten Telephon und nach Beseitigung der Induktion ist es van Kyffelberghe auch gelungen, gleichzeitig auf demselben Drahte mit dem Telephone und mit dem Morsetelegraphen Depeschen abzusenden. So ließ er am 16. Mai d. J. von Brüssel zwei Telegramme nach Paris abgehen, das eine mittels des Telephons an den Minister Cocheru, das andere auf dem Morse an den Telegrapheningenieurdirektor Gael, und dies zu einer Zeit, als das Arbeiten schon begonnen hatte und die Induktion bereits sehr kräftig war.



Bezüglich dieser letzten Versuche hat aber Zetzsch in der Elektrotechn. Ztschr. a. a. D. darauf hingewiesen, daß mehr oder minder gelungene Versuche zur gleichzeitigen Benutzung des Morsetelegraphen und des Telephons in derselben Leitung schon vor längerer Zeit angestellt worden sind, so am 17. December 1877 in Dresden, im Sommer vorigen Jahres in Böhmen unter Leitung des Major Gatter u. a.

Die Fernsprechvermittlungsanstalten, deren im vorigen Jahrg. des Jahrb. S. 162 u. f., gedacht worden ist, haben seitdem immer weitere Verbreitung gefunden. In Nordamerika fehlen sie selbst im fernen Westen in erst kürzlich entstandenen Städten so wenig wie in den längst kultivierten Gegenden am Gestade des Atlantischen Oceans.<sup>1)</sup> Auch im deutschen Reichstelegraphengebiet haben diese Einrichtungen sich ziemlich rasch entwickelt, wie aus der nachstehenden, dem „Archiv für Post und Telegraphie“ 1882, S. 315 entnommenen Zusammenstellung hervorgeht; die in Klammern stehenden Zahlen geben den Stand Ende Oktober 1881 an.

| Ort                 | Zahl der                  |                                         | Länge der fertigen<br>Drabtleitung<br>km |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
|                     | angemeldeteten<br>Stellen | bereits ange-<br>schlossenen<br>Stellen |                                          |
| Berlin . . . . .    | 978 (584)                 | 750 (442)                               | 1837,67 (1319,22)                        |
| Hamburg . . . . .   | 623 (486)                 | 554 (461)                               | 926,00 (851,00)                          |
| Mülhausen (Elsaß)   | 100                       | 100                                     | 87,34                                    |
| Frankfurt a. M.     | 179                       | 179                                     | 162,53                                   |
| Breslau . . . . .   | 76                        | 76                                      | 206,40                                   |
| Köln . . . . .      | 87                        | 87                                      | 69,46                                    |
| Mannheim . . . . .  | 139                       | 139                                     | 162,61                                   |
| Magdeburg . . . . . | 65                        | 48                                      | 68,25                                    |
| Leipzig . . . . .   | 264                       | 186                                     | 331,39                                   |
| Altona . . . . .    | 36                        | 28                                      | 66,00                                    |
| Stettin . . . . .   | 93                        | 79                                      | 146,57                                   |
| Elberfeld . . . . . | 41                        | 40                                      | 73,82                                    |
| Barmen . . . . .    | 11                        | 11                                      | 28,18                                    |
| Insgesamt . . . . . | 2692 (1635)               | 2277 (1428)                             | 4166,22 (2832,01)                        |

1) Vgl. die drastische Mittheilung von A. Sartorius von Waltershausen in der Beil. z. Allgem. Ztg. 1882, Nr. 106, S. 1555. Demselben erzählte ein Bewohner von Leadville in Colorado, den er eben kennen gelernt hatte, daß jeder feine Mann daselbst sein Telephon habe, dessen Draht nach einem Centralbureau laufe und dort mit jedem

Seit Ende Oktober 1881 bis zur Abfassung dieses Berichtes (Mai 1882) hatten sich also die in den genannten Städten angemeldeten Stellen um 64,6 Procent, der angeschlossenen Stellen um 59,5 Procent und die Gesamtlänge der Drahtleitungen um 47,1 Procent vermehrt. Seitdem sind wieder in mehreren deutschen Städten, z. B. in Dresden, Fernsprecheinrichtungen entstanden.

Von Interesse sind auch die Fernsprecheinrichtungen, welche die deutsche Reichs-Post- und Telegraphen-Verwaltung an der Berliner Börse eingerichtet hat<sup>1)</sup> und die von den Börsenbesuchern fleißig benutzt werden, um während der Dauer der Börse mit nicht anwesenden Theilnehmern der Fernsprechanlage in Verbindung zu treten. Diese Zellen sind so eingerichtet, daß das im Innern gesprochene Wort nicht hinausdringen kann, und daß auch umgekehrt die Sprechenden nicht durch Geräusch von außen gestört werden. Zu dem Zwecke sind sie aus Gerüsten von 7—10 cm starkem Kreuzholz hergestellt, die doppelt verschalt sind. Der Zwischenraum zwischen beiden Verschaltungen ist mit einer Füllung aus gut gemischtem Lehm, Asche und Sägespänen fest ausgestopft. Die Innenwand ist zunächst mit einer Schicht dünner Pappe bekleidet; darauf folgt eine Schicht Filz auf Leisten, so daß eine Luftschicht zwischen ihm und der Pappe bleibt, und über den Filz ist erst ein leichter Baumwollstoff und über diesen die Tapete gespannt. In gleicher Weise ist auch die doppelwandige Thür hergestellt. In der einen Seitenwand der Zelle, deren innerer Raum 1,5 m Tiefe, 1,1 m Breite und 1,85 m Höhe besitzt, ist ein 20 cm breites und 26 cm hohes, mit doppeltem Scheiben versehenes Fenster angebracht; zwischen den beiden Scheiben befindet sich eine 10 cm dicke Luftschicht. Eine vor dem Fenster angebrachte Gasflamme erleuchtet den Innenraum der Zelle. Zur Ventilation geht von der Decke der Zelle ein Rohr durch die Mauer des Gebäudes ins Freie oder nach einem unbenutzten

andern Draht in Verbindung gesetzt werden könne. Wenn er seinen Barbier brauche, so rufe er nur in das Telephon: „Verbindung mit Herrn N. N.“ und dann kurz darauf; „barbieren“. Nach einigen Minuten sei der Gewünschte da.

1) Vgl. Grawinkel, die allg. Fernsprecheinrichtungen der deutschen Reichs-Post- u. Telegraphen-Verwaltung. Berlin, 1882, S. 128.

Gebäude. Diese Zellen sind so schalldicht, daß in mäßiger Tonstärke im Innern gesprochene Worte außen fast gar nicht hörbar sind; und selbst laut gerufene Worte sind einer außen dicht an der Zelle stehenden Person auch bei gespanntester Aufmerksamkeit nicht verständlich. Ebenso dringt das Geräusch der Außenwelt nicht bis zu dem in der Zelle Eingeschlossenen, und derselbe kann sich daher ganz ungestört mit seinem Geschäftsfreund unterhalten. Der Fernsprechapparat selbst hängt an der Rückwand der Zelle, und die Vermittelung des Verkehrs erfolgt ganz in der gewöhnlichen Weise.

Bei einzelnen Post und Telegraphen-Ämtern Deutschlands sind auch öffentliche Fernsprechstellen eingerichtet worden, bei denen jederman gegen Entrichtung einer Gebühr von 50 Pfennig für 5 Minuten mit irgend einer Person, deren Wohnung oder Geschäftslokal an das allgemeine Fernsprechnetz angeschlossen ist, in mündlichen Verkehr treten kann. Der Betrieb ist genau so, wie an andern Sprechstellen, zum Gebrauch des Publikums liegt das Verzeichnis der Teilnehmer der Fernsprechanlage aus. Solcher Fernsprechstellen gab es Ende 1881 eine in Hamburg und zwei in Berlin.

Eine interessante Neuerung auf diesem Gebiete sind ferner die selbstthätigen Fernsprechvermittlungsstellen, bei denen die Mitwirkung eines Beamten an der Centralstelle durch einen geeigneten Apparat ersetzt ist. Derartige Anlagen dürften besonders an kleinern Orten mit einer geringen Anzahl Teilnehmer, in industriellen Etablissements mit einer beschränkten Zahl Fernsprechstellen u. am Platze sein. Apparate dieser Art waren in Paris ausgestellt von Gebr. Connolly u. Mac Tighe, von Leduc und von Bartelous. Auf die Beschreibung derselben müssen wir an dieser Stelle verzichten.<sup>1)</sup> Ebenfowenig können wir für diesmal die mannigfachen weiteren Anwendungen der Elektrizität für die Zwecke der Technik, der Heilwissenschaft, für die Bedürfnisse des öffentlichen wie des häuslichen Lebens, die die Ausstellungen zu Paris und London in so reicher Fülle zur Anschauung gebracht haben und die in diesem Herbst in Bayerns Hauptstadt wiederum in glänzender Weise vorgeführt werden, besprechen. Nur über

1) Vgl. Elektrotechn. Ztschr. Juli 1882, S. 274.

ein Paar Reihen in theoretischer Hinsicht interessanter Versuche, die zum Theil in Paris ausgeführt wurden, soll am Schlusse dieses Abschnittes berichtet werden; vorher aber wollen wir noch kurz der Beschlüsse gedenken, welche der an die Pariser Ausstellung sich anschließende internationale Kongreß von Elektrikern, welcher vom 15. September bis 5. Oktober v. J. in Paris tagte, bezüglich der

#### Feststellung der praktischen elektrischen Einheiten

gefaßt hat. Bei der Bestimmung dieser Einheiten wurde ausgegangen von den auch schon früher von der British Association angenommenen Gauß- und Weber'schen absoluten Einheiten. Das von dem genannten deutschen Forschern aufgestellte sogenannte absolute Maßsystem verfolgt den Zweck, die Maße, welche sich in der Lehre von der Elektricität und vom Magnetismus nöthig machen, zurückzuführen auf die drei Fundamentalmäße der Mechanik, die Längeneinheit, die Masseneinheit und die Zeiteinheit. Die Zurückführung der elektrischen Größen auf diese drei Einheiten kann aber auf doppelte Weise geschehen: entweder wird die Einheit der Elektricität definiert durch die Wirkung, welche zwei Elektricitätsmengen auf einander ausüben, oder man zieht bei dieser Definition die Wirkungen zweier magnetischer Massen, sowie die elektromagnetischen Wirkungen in Betracht. Ersteres ist die elektrostatische, letzteres die elektromagnetische Maßbestimmung.

Diese letztere als die praktisch einfachere ist von der British Association angenommen, und es sind nun folgende Einheiten festgesetzt worden:

Einheit des freien Magnetismus ist derjenige Magnetismus, welcher auf eine gleichgroße Menge in der Entfernung Eins die Kraft Eins ausübt, d. h. ihr in der Zeiteinheit die Beschleunigung Eins ertheilt.

Einheit des elektrischen Stromes ist diejenige Stromstärke, bei welcher ein Strom von der Länge Eins in der Entfernung Eins die Kraft Eins ausübt.

Einheit der elektromotorischen Kraft ist diejenige elektromotorische Kraft, welche in einem geradlinigen Leiter von der Länge Eins an einem Orte, wo die magnetische Kraft Eins herrscht, induciert wird, wenn dieser Leiter mit der Geschwin-

digkeit Eins senkrecht zu der Ebene bewegt wird, die durch den Leiter und den Ort des die magnetische Kraft Eins hervorruhenden Magnetismus zu legen ist.

Da nach dem Ohm'schen Gesetz die Stromstärke gleich ist der elektromotorischen Kraft, dividiert durch den Widerstand, so ist Einheit des Widerstandes derjenige Widerstand, bei welchem in der Leitung durch die elektromotorische Kraft Eins die Stromstärke Eins hervorgerufen wird.

Einheit der Elektrizitätsmenge ist ferner diejenige Menge, welche sich in der Zeiteinheit durch den Querschnitt eines Leiters vom Widerstand Eins hindurchbewegt.

Endlich läßt sich auch die Kapazität eines Kondensators in der Weise messen, daß man einem solchen die Kapazität Eins zuschreibt, wenn er, von der elektromotorischen Kraft Eins geladen, die Elektrizitätsmenge Eins enthält.

Die Größe der so definierten Einheiten ist natürlich abhängig von der Wahl der Einheiten für Länge, Masse und Zeit. Gauß und Weber benutzten als solche das Millimeter, das Milligramm und die Sekunde, die British Association aber hat 1863 das Centimeter, das Gramm und die Sekunde adoptiert, und die darauf gegründeten elektrischen Einheiten werden daher als C. G. S.-Einheiten d. h. Centimeter- Gramm- Sekunde-Einheiten bezeichnet. Da indessen die absoluten Einheiten für den Widerstand und die elektromotorische Kraft zum praktischen Gebrauche zu klein sein würden, so hat die British Association durch Multiplikation derselben mit Potenzen von 10 sogenannte praktische Einheiten eingeführt und diese nach dem Physikern Ohm und Volta benannt, nämlich

1 Ohm =  $10^9$  oder 1000 000000 absolute Widerstands-Einheiten und

1 Volt =  $10^8$  oder 100 000000 absolute Einheiten der elektromotorischen Kraft.

Die praktische Einheit der Stromstärke nannte die British Association 1 Weber, nahm dieselbe aber nur zu  $10^{-1}$  oder  $\frac{1}{10}$  absolute Einheit an.

Die absolute Einheit der Kapazität endlich ist eine so ungeheure Größe, daß man sich entschloß  $10^{-9}$  oder  $\frac{1}{1000000000}$  derselben unter dem Namen 1 Farad, an Faraday erinnernd, als praktische Einheit zu nehmen. In Wahrheit ist aber auch

diese Einheit noch viel zu groß und man bedient sich in der Praxis des millionsten Theiles derselben unter dem Namen 1 Mikrofara $\text{d} = 10^{-15}$  absolute Kapazitätseinheiten.

Diese Einheiten werden als B. A. U, d. h. British-Association-Units (Einheiten) bezeichnet, und sie sind auch von dem Pariser Kongresse adoptiert worden. Da aber in Deutschland als Weber'sche Einheit des Stromes das Zehntel des „Weber“ der British Association angewandt wurde, so erschien es zur Vermeidung von Verwechslungen zweckmäßig, die Bezeichnung „Weber“ ganz aufzugeben und es wurde dafür gesetzt

1 Ampère  $= 10^{-1}$  absolute Einheit der Stromstärke. Endlich wurde auch noch unter dem Namen ein Coulomb eine praktische Einheit für die Elektrizitätsmenge angenommen.

Gegenwärtig sind also folgende praktische Einheiten für elektrische Maßbestimmungen üblich:

Die Widerstandseinheit von „ein Ohm“ (in Zeichen R), ist gleich dem Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt und ungefähr 104,75 cm Länge; oder demjenigen eines Kupferdrahtes von 1 mm Durchmesser und 48 m Länge, oder demjenigen eines Eisendrahtes von 4 mm Durchmesser und 100 m Länge.

Die elektromotorische Kraft von „ein Volt“ (E) ist ungefähr derjenigen eines gewöhnlichen Daniell'schen Elementes gleich; die elektromotorische Kraft eines Bunsen'schen Elementes ist 1,9 Volt, die eines Sekundär-Elementes von Planté 2,15 Volt.

Ein Strom besitzt die Intensität von „ein Ampère, (I) wenn er mit der elektromotorischen Kraft von 1 Volt eine Leitung durchläuft, die einen Widerstand von 1 Ohm besitzt. So besitzt z. B. der Strom eines Planté'schen Sekundär-Elementes, das in einen Kupferdraht von 1 mm Durchmesser und 100 m Länge eingeschalten ist, die Intensität von ungefähr 1 Ampère. Auch die Intensität der Ströme für Unterhaltung der Edison'schen Glühlampen beträgt ungefähr 1 Ampère; dagegen sind die Ströme für den Telegraphenbetrieb weit schwächer und überschreiten selten 0,01 Ampère.

„Ein Coulomb“ ist die Elektrizitätsmenge (Q), welche bei einer Intensität von 1 Ampère in einer Sekunde durch einen Leiter geht. Nach Weber müssen 96 Coulomb in

einen Voltmeter treten, um 9 mg Wasser zu zersetzen und 1 mg Wasserstoff zu geben.

Ein Kondensator hat eine Kapazität von „ein Farad“ (C) wenn er 1 Coulomb Elektrizität bei der elektromotorischen Kraft von 1 Volt enthält.

Werden die in diesen Einheiten ausgedrückten Maße zu groß oder zu klein, so bedient man sich zur Bezeichnung der Vielfachen oder der Theile derselben der Vorsilben

Mega oder Meg = 1 000 000 mal

Kilo . . . . = 1 000 mal

Milli . . . . =  $\frac{1}{1000}$

Mikro oder Mikr =  $\frac{1}{1000000}$ ;

man drückt z. B. große Widerstände in Megohm, sehr kleine in Mikrohm, die Intensitäten von Telegraphierströmen in Milliampère, die Kapacitäten von Kondensatoren und Submarine-kabeln in Mikروفarad aus.<sup>1)</sup>

Obige Zahlenangaben sind nur als angenäherte zu betrachten, genauere Bestimmungen bleiben den Arbeiten einer internationalen Kommission von Elektrikern vorbehalten.

Trotz des Principes, für die praktischen Einheiten Namen zu wählen, welche Männern angehören, die sich um diesen Theil der Physik besonders verdient gemacht haben, ist der Elektriker-Kongreß zu dem der Gerechtigkeit wenig entsprechenden Ergebnisse gelangt, den Namen Wilhelm Webers, dem wir im Bezug auf elektrische Messungen so viel verdanken, nicht mit aufzunehmen. Da nun auch von den hier in Betracht kommenden Einheiten eine, nämlich die Einheit des Magnetismus, welche die Grundlage für das ganze elektrodynamische Maßsystem bildet, ohne Namen geblieben ist, so hat Clausius für diese den Namen „Weber“ in Vorschlag gebracht.

1) Hospitalier im Electrician, May 1882, p. 88. Vgl. auch den Bericht über den Elektriker-Kongreß in der Elektrotechn. Ztschr. Oktober 1881, S. 390 u. f.; Helmholtz, Ueber die Berathungen des Pariser Kongresses, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, Elektrotechn. Ztschr. December 1881, S. 482; Clausius, Ueber die versch. Maßsysteme etc., Ann. der Phys. u. Chemie, N. F. XVI (auch sep.); Perry, die zukünftige Entwicklung der Elektrotechnik. Deutsch von Weinhold. Leipzig, 1882.

### Hydrodynamische Analogien der elektrischen und magnetischen Erscheinungen. <sup>1)</sup>

Einen der interessantesten Anziehungspunkte auf der vorjährigen Electricitäts-Ausstellung in Paris bildeten die in der norwegischen Abtheilung aufgestellten Apparate des Professor C. A. Bjerknæs in Christiania, mit denen dessen Sohn Wilhelm eine Reihe überraschender Versuche ausführte. Es zeigen diese Experimente, wie durch Wellenbewegungen im Wasser Erscheinungen hervorgerufen werden, die völlig analog denen sind, welche wir bei der gegenseitigen Einwirkung von Magneten auf einander beobachten und welche wir gewohnt sind, als Wirkung polarer Kräfte zu betrachten. Darin, daß diese Erscheinungen hervorgerufen werden durch Schwingungen bestimmter und bekannter Art, liegt gerade die wissenschaftliche Bedeutung dieser Experimente, wenn es auch etwas gewagt erscheinen muß, sofort eine fertige Theorie der magnetischen und damit auch der eng damit zusammenhängenden elektrischen Erscheinungen auf dieselben zu gründen.

Bjerknæs ist durch theoretische Untersuchungen auf diese Versuche geführt worden, indem er die wohl zuerst von Guoyt 1834 beobachtete Thatsache, daß leichte Körper von einer schwingenden Stimmgabel angezogen werden (vgl. dieses Jahrb. VII, S. 77 <sup>2)</sup>), mit den Hilfsmitteln der mathematischen Analysis weiter verfolgte. Diese mathematischen Arbeiten datieren schon aus den fünfziger Jahren, aber erst seit 1876 gelang es Bjerknæs, die Ergebnisse seiner theoretischen Untersuchungen experimentell zu prüfen und durch die Erfahrung zu bestätigen. Das Princip, auf welchen diese Experimente beruhen, ist höchst einfach: Wenn man die Luft in einer hohlen elastischen Kugel, beispielsweise in einem Kautschukballon, abwechselnd verdichtet und verdünnt, so wird die Kugel abwechselnd größer und kleiner, und diese Pulsationen pflanzen sich in dem umgebenden Medium weiter fort, wobei ihre Intensität in demselben Verhältnisse abnimmt, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt. Theo-

1) Bericht von G. Forbes in Nature XXIV, p. 360; Schwarze im „Humboldt“, Monatschr. für die gesammten Naturwissenschaften. Juni u. Juli 1882, S. 224 u. 262.

2) Vgl. auch die Versuche von Dvořák, dieses Jahrb. XIV, S. 128.



rie und Erfahrung zeigen nun, daß zwei solche pulsierende Kugeln, die sich in demselben Medium befinden, eine anziehende Wirkung auf einander ausüben, wenn sie sich in gleichen Schwingungsphasen befinden, d. h. wenn beide sich gleichzeitig ausdehnen und gleichzeitig zusammenziehen. Bei entgegengesetzten Phasen dagegen stoßen beide einander ab.

Bjerknes stellte seine Experimente in Wasser an, er bediente sich eines Troges mit Glaswänden von etwa 15 cm Tiefe. Zur Verdichtung und Verdünnung der Luft in den Hohlkörpern wandte er zwei Cylinder an, in denen Kolben mittels einer Kurbel hin und her bewegt wurden; dabei war die Einrichtung derart getroffen, daß man nach Willkür den Hingang eines Kolbens mit einem Hin- oder einem Hergange des andern kombinieren konnte. Die beiden Cylinder waren dann durch dünne Kautschukschläuche und feine Metallröhren mit den verschiedenen Apparaten verbunden. Je nach der Art der Kolbenbewegung in den Cylindern trat in den beiden Versuchapparaten gleichzeitig Verdichtung oder in dem einen Apparate Verdichtung und in dem andern Verdünnung ein.

Den oben angedeuteten Fundamentalversuch führt Bjerknes aus mit ein Paar flachen Trommeln, jede bestehend aus einem Metallring, der beiderseits mit Kautschukmembranen überspannt und mit einem der beiden Cylinder verbunden ist. Beide werden einander unter Wasser mit den Endflächen gegenübergestellt und die Kolben in den Cylindern in Gang gesetzt. Eine Trommel wird festgehalten, die andere ist im Wasser beweglich. Fallen nun Verdichtung und Verdichtung, Verdünnung und Verdünnung der Luft in beiden Trommeln zusammen, so wird die zweite Trommel von der ersten angezogen, im entgegengesetzten Falle abgestoßen.

Ist eine der beiden Trommeln durch eine zu den Endflächen parallele Scheidewand in zwei Hälften getheilt und verbindet man jede Hälfte mit einem der beiden Cylinder, in denen die Kolben entgegengesetzte Bewegungen machen, so ahmt diese Trommel die Wirkung eines Magnetstabes mit zwei entgegengesetzten Polen nach, indem die zweite Trommel von der einen Endfläche der ersten angezogen, von der andern aber abgestoßen wird.

Bei aller äußerlichen Aehnlichkeit zwischen diesen Erscheinungen einer- und den magnetischen andererseits darf man übrigens den wesentlichen Unterschied nicht übersehen, daß bei den Versuchen von Bjerknæs zwei in gleichen Schwingungszuständen befindliche Endflächen eine anziehende Wirkung aufeinander ausüben, während gleiche Magnetpole sich abstoßen.

Statt der Trommeln wendet Bjerknæs zur Demonstration des Fundamentalsatzes auch oscillierende Kugeln an. Zu dem Zwecke hat er eine kleine Maschine konstruirt, welche durch abwechselnde Verdichtung und Verdünnung der Luft in Bewegung gesetzt wird und bewirkt, daß entweder eine horizontale Querstange, die an jedem Ende eine leichte Metallkugel trägt, eine hin- und hergehende Bewegung macht, oder daß eine einzelne Kugel in einer vertikalen Ebene pendelartige Schwingungen ausführt. In diesem Falle muß man aber beachten, daß die entgegengesetzten Seiten der Kugel sich bezüglich der benachbarten Punkte in entgegengesetzten Phasen befinden; denn, wenn in dem Schema

c      a b      d

a und b die beiden Seiten der Kugel bedeuten, deren Bewegung wir uns beispielsweise nach c hin gerichtet denken wollen, so nähert sich die Seite a dem Punkte c, während die Seite b sich von dem Punkte d entfernt. Man wird daher erwarten müssen, daß eine solche Kugel sich wie ein Magnet verhält; und so ist es in der That.

Werden zwei oscillierende Kugeln einander genähert, und bewegen sich beide gleichzeitig gegen einander und ebenso gleichzeitig wieder von einander weg, so findet Anziehung statt. Dreht man aber die eine Kugel um, sodaß beide sich nunmehr in gleicher Richtung bewegen, so stoßen sie sich ab.

Bjerknæs hat ferner eine Reihe von Experimenten vorgeführt, welche Analogien zu dem Verhalten paramagnetischer und diamagnetischer Körper zeigen. Jene werden bekanntlich, wie Eisen, von den Polen eines Magneten angezogen, diese dagegen abgestoßen; ein Stäbchen eines paramagnetischen Körpers stellt sich daher zwischen ungleichnamigen Magnetpolen axial, d. h. in die Verbindungslinie der beiden Pole, ein Stäbchen eines diamagnetischen Körpers, z. B. ein Glasstäbchen, aber äquatorial, d. h. senkrecht zur Verbindungslinie. Zum Verständniß

der Erscheinungen bei den Versuchen von Bjerknes sei nun daran erinnert, daß dabei das Wasser eine wichtige Rolle spielt. Durch die Schwingungen der Trommelmembran bei den oben erwähnten Experimenten wird nämlich auch das Wasser, in welchem sich die Trommel befindet, in Schwingungen versetzt. Befindet sich nun in der Nähe der schwingenden Trommel ein Körper im Wasser, der leichter ist als dieses, etwa eine Korfkugel, die durch einen Faden unter dem Wasser zurückgehalten wird, so werden wegen der kleineren Masse die Schwingungen dieses Körpers größer als die des Wassers, mit dem sie in Berührung kommen, und sie erfolgen also relativ in derselben Richtung. Demnach haben wir Abstoßung, entsprechend dem Diamagnetismus. Wenn wir andererseits eine Kugel in das Wasser hängen, welche spezifisch schwerer ist als dieses, so sind ihre Schwingungen nicht so groß als die des Wassers in der Nachbarschaft, eben wegen ihrer größeren Masse, und demnach erfolgen die Schwingungen der Kugel in Bezug auf diejenigen des Wassers in der entgegengesetzten Richtung von der des Wassers selbst, es findet also Anziehung statt, entsprechend dem Paramagnetismus.

Bjerknes hängt nun einestheils ein Korfstäbchen, anderntheils ein Metallstäbchen an Fäden horizontal in Wasser auf und bringt eine Trommel mit schwingender Membran in die Nähe; das Korfstäbchen stellt sich äquatorial, d. h. parallel zur vibrierenden Fläche, das Metallstäbchen aber axial, d. i. rechtwinklig zu dieser Fläche.

Die Anziehung und Abstoßung zeigt sich auch, wenn man eine Trommel mit schwingender Membran oder eine in Pendelschwingungen versetzte Kugel unter Wasser einmal einer Metallkugel, das anderemal einer Korfkugel, die beide unter Wasser schwimmen, nähert.

Wird eine eiserne Kugel durch Korke schwimmend erhalten und bringt man zwei gleichartige Magnetpole, z. B. zwei Nordpole, in ihre Nähe, den einen oberhalb, den andern unterhalb der Kugel, so kann diese letztere nicht auf der Verbindungslinie beider Pole in Ruhe bleiben, sondern wird ein Stück weit abgestoßen; weiterhin findet Anziehung statt. Der Grund liegt darin, daß wenn die Kugel, welche unterm Einflusse der beiden Magnetpole selbst magnetisch wird, nahe an der Ber-

bindungslinie beider Pole steht, zwar der Südpol den beiden festen Polen näher liegt als der Nordpol, daß aber die Verbindungslinie eines festen Nordpols mit dem Nordpol der Kugel einen größern Winkel mit der Vertikalen einschließt, als die Verbindungslinie desselben Nordpols mit dem Südpol der Kugel. An sich ist also zwar die Anziehung zwischen den beiden letzteren Polen größer als die Abstößung zwischen den ersteren, da aber die horizontalen Komponenten beider Kräfte durch Multiplikation mit dem Sinus der erwähnten Winkel gefunden werden, und da die Sinus in der Nähe von  $0^\circ$  mit wachsenden Winkeln rasch zunehmen, so überwiegt anfangs die horizontale Komponente der Abstößung, und die Kugel geht daher ein Stück fort.

Diesen Versuch ahmt Bjerknes nach, indem er zwei Trommeln in gleichen Abständen ober- und unterhalb einer Kugel, die durch Korkstücke, Drähte und Fäden unter Wasser schwimmend erhalten wird, in Schwingung versetzt. Wenn die Phasen bei beiden Trommeln gleich sind, also eine Ausbauchung der einen immer mit einer Ausbauchung der andern zusammenfällt, so ist es nicht möglich, die Kugel auf der Centralinie beider Trommeln zu erhalten. Wenn dagegen die beiden Trommeln mit entgegengesetzten Phasen schwingen, so daß also die gleichzeitigen Bewegungen der einander und der Kugel zugekehrten Flächen in gleicher Richtung erfolgen, so stellt sich die Kugel freiwillig auf die Centrallinie ein.

Bjerknes hat auch die Bewegungen der Wassertheilchen zwischen schwingenden Trommeln sichtbar zu machen versucht. Die schwingenden Flächen beider Trommeln stehen vertikal einander gegenüber. Zwischen sie wird ein hohler vertikaler Cylinder oder eine Kugel aus dünnem Blech gebracht, die auf einer feinen Spiralfeder ruht und in Folge dessen allen Bewegungen des Wassers leicht Folge leisten kann. Am obern Ende dieses Cylinders ist ein mit Farbe gefüllter feiner Malerpinsel angebracht, der mit seiner Spitze eine über dem Wasserspiegel horizontal aufgestellte Glastafel berührt, auf welcher er seine Bewegungen aufzeichnet. Gewöhnlich sind die Bewegungen zu klein, um auf diese Weise sichtbar zu werden; wenn man aber die Schwingungen der Trommeln mit denen der Feder, auf welcher der Cylinder ruht, isochron macht, so erhält man sehr deutliche Zeichnungen. Wendet man zwei Trommeln an, die

mit gleichen Phasen schwingen, so erhält man auf der Glas-tafel Linien, die den mittels Eisenfeile durch zwei gleiche Magnetpole gewonnenen Kraftlinien gleichen; schwingen die Trommeln entgegengesetzt, so gleichen die Linien den Kraftlinien zweier ungleichen Magnetpole, und ebenso erhält man bei Anwendung dreier Trommeln Linien, die den Kraftlinien für drei Magnetpole gleichen.

Versucht man die Ergebnisse dieser Experimente zu einer Theorie des Magnetismus zu verwenden, so wird man zu dem Schlusse geführt, daß die magnetischen Erscheinungen durch geradlinig hin- und hergehende Bewegungen hervorgerufen werden. Freilich erhebt sich das Bedenken, daß eine solche oscillirende Trommel wie Bjerfnes sie anwendet, eigentlich das Analogon zu einem isolirten Magnetpole darstellt, ein solcher aber in der Physik unbekannt ist. Nach Bjerfnes geben kreisförmige Oscillationen einen elektrischen Strom; die Achse der Schwingungen ist die Richtung des Stromes. In einem kreisförmigen Leiter, der von einem Strom durchflossen wird, haben daher die innern Theile alle gleiche Bewegungsrichtung und ebenso die äußern; ein solcher Ring muß also wie ein Magnet wirken. Da haben wir also die Ampère'schen Ströme.

Schon Bjerfnes hat versucht, seine Experimente in Luft statt in Wasser anzustellen; doch entsprachen die Ergebnisse nicht seinen Wünschen. Am 27. April d. J. aber führte Augustus Stroh der Gesellschaft der Telegraphen-Ingenieure in London eine Reihe von Versuchen vor, die wesentlich denen des Norwegischen Gelehrten gleichen, nur daß bei ihnen die Luft, nicht das Wasser, das vermittelnde Medium ist.<sup>1)</sup>

Stroh wendet bei seinen Versuchen Trommeln aus leichtem Holz an, über welche er vorn elastische Membranen spannt; die Rückseite steht mit einem biegsamen Rohr in Verbindung, durch welche die in schwingender Bewegung begriffene Luft der Trommel zugeführt wird. Der Strom von abwechselnd verdichteter und verdünnter Luft wird erzeugt durch eine schwingende Metallzunge, gegen welche, ähnlich wie bei einem Akkordion, Luft durch einen Handblasenbalg geblasen wird. Die Luft wird dann durch ein biegsames Rohr, das sich in zwei Theile von

1) Nature XXVI, p. 134; Elektrotechn. Ztschr. Juni 1882.

gleicher Länge spaltet, den Trommeln zugeführt Die Luft hat infolgedessen in beiden Trommeln dieselbe Phase, wenn die eine Membran nach auswärts gedrückt wird, ist dies auch bei der andern der Fall. Wenn nun von den beiden Trommeln die eine beweglich ist, so wird sie von der andern angezogen. Um eine solche bewegliche Trommel zu erhalten, umgiebt Stroh das vertikale Ende des einen Luftleitungsrohres mit einem Ringgefäß, das Quecksilber enthält, und auf diesem Quecksilber spielt ein leichtes Röhrohr, dessen vertikaler Arm auf einer Stahlspitze balanciert, so daß also das Ende des horizontalen Armes sich im Kreise herumbewegen kann. An dieses Ende lassen sich nun verschiedene Trommeln mit Membranen anpassen, so daß die letzteren parallel oder senkrecht zur Achse des Armes stehen.

Um zwei Trommeln entgegengesetzte Schwingungsphasen zu ertheilen, könnte man das eine Luftleitungsrohr um eine halbe Wellenlänge länger machen als das andere; Stroh hat indessen einen besondern Apparat, eine elektromagnetische Luftpumpe konstruiert, welche gestattet, in raschem Wechsel den Trommeln bald gleiche, bald entgegengesetzte Phasen zu ertheilen. Zwischen zwei Elektromagneten, die durch den rasch hinter einander unterbrochenen Strom dreier Leclanché-Elemente erregt werden, oscilliert ein Anker, mit welchem ein Paar Leder-Diaphragmen verbunden sind, deren jedes sich in einem Behälter befindet und denselben in zwei Hälften theilt. Der Anker ertheilt diesen Membranen ungefähr 70 Schwingungen in der Sekunde, und bei jeder Schwingung wird auf einer Seite des Behälters eine Verdichtung, auf der andern eine Verdünnung der Luft erzeugt. Jede Hälfte eines Behälters hat ihre eigne Mündung, und wenn man nun den oben beschriebenen drehbaren Apparat dauernd mit einer Mündung verbindet, so hat man es an der Hand, in rascher Folge andern Trommeln Luftströme mit gleicher oder verschiedener Phase zuzuführen.

Mit solchen Apparaten wiederholte nun Stroh die Bjerknes'schen Versuche in Luft. Er zeigte, daß zwei in gleichen Phasen oscillierende Trommeln sich anziehen, in entgegengesetzten Phasen schwingende aber sich abstoßen, und daß ein nicht-schwingender Körper, wie die Hand des Experimentators oder ein Stück Pappe, eine oscillierende Trommel anzieht. Im

allgemeinen sind die Anziehungsercheinungen deutlicher als die Abstößungen. Am deutlichsten zeigen sich die Wirkungen, wenn die Membranen parallel einander gegenüber stehen; doch sind sie auch dann noch beträchtlich, wenn die Membranen einen Winkel einschließen, ja man kann sie selbst dann noch wahrnehmen, wenn die Membranen in derselben Ebene liegen.

Das Verhalten eines Körpers zwischen zwei pulsierenden Trommeln demonstrierte Stroh in der Weise, daß er die beiden Trommeln einander derart gegenüberstellt, daß ihre Achsen in eine horizontale Linie fallen, und dann zwischen beide ein Korfkügelchen bringt, das fest verbunden ist mit einem darüber angebrachten, in der horizontalen Ebene drehbaren Stäbchen, an welchem man die Bewegungen des Kügelchens erkennen kann. Wird nun dieser Theil des Apparates so aufgestellt, daß das Korfkügelchen sich axial, d. h. in der Achsenlinie der Trommeln bewegen kann, so wird dasselbe stets angezogen, mögen die Membranen mit gleichen oder entgegengesetzten Phasen oscillieren; die stärkere Anziehung übt natürlich die nähere Trommel. Dasselbe tritt auch dann ein, wenn der Korf nicht in der Centrallinie, sondern näher dem Umfang der Membranen steht, so lange er axial beweglich ist. Wird aber der Korf äquatorial beweglich gemacht, so sind die Ergebnisse verschieden, je nachdem die Membranen der Trommeln mit gleichen oder mit entgegengesetzten Phasen schwingen. Im ersteren Falle wird nämlich der Korf aus seiner centralen Lage nach außen getrieben oder, wenn er nicht auf der Achse der Membranen stand, noch weiter von ihr entfernt; im letzteren Falle wird er nach dem Centrum hin gezogen. Es sind diese Versuche im Einklang mit den oben S. 263 erwähnten Experimenten von Bjerknes.

Im Anschluß an diese von Stroh in der Luft angestellten Versuche möchten wir noch auf die verwandten Experimente von Dvořák aufmerksam machen, über welche der XIV. Jahrgang dieses Jahrbuchs, S. 128, einen kurzen Bericht enthält. Sind auch von Dvořák die Analogien mit elektrischen und magnetischen Erscheinungen nicht besonders beachtet worden, so ist doch das Grundphänomen, um welches es sich handelt, dasselbe wie bei den Versuchen von Stroh.

Wir kommen nun zu demjenigen Theile der Stroh'schen

Versuche, der insofern originell ist, als er eine Frage betrifft, die von Bjerknes nur beiläufig, im letzten Theil seiner Untersuchungen berührt worden ist. Stroh hat nämlich gesucht, die Form der Luftströmungen, welche die eigentliche Ursache der scheinbaren Anziehung oder Abstoßung sind, durch Experimente festzustellen.

Zunächst weist Stroh nach, daß die Luft zwischen zwei schwingenden Trommeln bei gleicher Phase verdünnt, bei ungleicher aber verdichtet wird. Um dies zu erkennen, wird über die beiden feststehenden Trommeln luftdicht ein Messingring geschoben, der seitlich ein Ansatzröhrchen hat, welches mit einer kapillaren Glasröhre verbunden wird, die einen Faden gefärbter Flüssigkeit enthält. Dieser Faden wird nun, wenn die Trommelmembranen in Schwingungen versetzt werden, dauernd verschoben, und zwar nach außen bei gleichen Phasen, nach innen bei entgegengesetzten Phasen. Der Anfang der Schwingungen ist momentan begleitet von einer ruckweisen Bewegung, die stärker ist als die später eintretende dauernde Verschiebung.

Die Bewegung der Lufttheilchen in der Nähe einer schwingenden Membran und zwischen zwei solchen, sowohl nach Richtung als nach Intensität, oder, was dasselbe besagt, die Kraftlinien und ihre Maße, weist Stroh auf verschiedene Weise nach. Einmal mit Hilfe einer feinen Wachskerzenflamme von ungefähr 4 mm Länge, die er an die verschiedenen Stellen bringt, und sodann mittels kleiner, um vertikale Achsen drehbarer Windmühlen mit vier oder zwei Flügeln oder bloß mit einem Flügel. Doch setzen diese Hilfsmittel eine ganz ruhige Atmosphäre voraus und sie eignen sich daher nicht gut zu Demonstrationen vor einem großen Auditorium. Zu diesem Zweck wendet Stroh elastische Metallbänder an, die durch einen Mechanismus mittels einer Kurbel in Schwingungen versetzt werden und sich in einem flachen Glasgefäße befinden, welches Glycerin oder eine andere Flüssigkeit enthält. In die Flüssigkeit werden dann kleine Wasserrädchen gestellt und das Ganze wird mit Hilfe eines Projektionsapparates durch elektrisches Licht auf einen Schirm projiziert. An der Drehungsrichtung der Rädchen und ihrer Geschwindigkeit erkennt man dann Richtung und Geschwindigkeit der Wassertheilchen. Statt dessen kann man auch ein wenig Anilinpulver an die eine und die andere Stelle der



Flüssigkeit bringen und erkennt dann die Kraftlinien an der Färbung. Bringt man beispielsweise vor die Mitten der Membran kleine Mengen Anilinpulver, oder noch besser ein wenig glänzenden Metallpulvers, so beobachtet man zwischen den beiden Membranen vier prachtvolle Spirallinien, die einen hellen Fleck zwischen sich haben.

Im Ganzen zeigt sich, daß die Kraftlinien in der Luft zwischen zwei Trommeln identisch sind mit Linien, welche man in einem magnetischen Feld mit Eisenfeile sichtbar macht.

*[The following text is a faint, mirrored bleed-through from the reverse side of the page and is largely illegible.]*

### III.

## Chemie und chemische Technologie.

### Die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften chemischer Verbindungen von der Zusammensetzung derselben.

Wir dürfen es als eine ideale Aufgabe der Chemie bezeichnen, die Gesetze zu ermitteln, welche die Abhängigkeit der Eigenschaften der chemischen Verbindungen von den Eigenschaften ihrer Bestandtheile und der Art der Vereinigung derselben zum Ausdruck bringen. Daß diese Abhängigkeit existiert, unterliegt keinem Zweifel. Wir sind im Stande, die Dampfdichte einer chemischen Verbindung aus den Atomgewichten ihrer elementaren Bestandtheile und der Anzahl der in einem Molekül der Verbindung vereinigten elementaren Atome zu berechnen, und wir dürfen uns nur der nahezu konstanten Siedepunktsdifferenzen der benachbarten Glieder homologer Reihen erinnern, um uns zu vergegenwärtigen, daß auch die Siedepunkte der chemischen Verbindungen sich in gesetzmäßiger Abhängigkeit von der Zusammensetzung derselben befinden. Allerdings läßt sich hier zunächst nur nachweisen, daß in vielen Fällen einer gleichen Zusammensetzungsdifferenz auch eine gleiche Differenz der Siedepunkte entspricht, während es noch nicht gelungen ist, allgemein gültige Gesetze aufzustellen, welche die Höhe des Siedepunktes einer Verbindung aus der für ihre Konstitution aufgestellten Formel abzuleiten gestatten. Wenngleich sich nun auch kaum erwarten läßt, daß uns schon die nächste Zukunft über die hier zur Geltung kommenden Gesetze wie überhaupt über die zwischen den physikalischen und chemischen Eigenschaften

bestehenden Relationen genügende Aufklärung bringen wird, so glauben wir doch von den Untersuchungen Notiz nehmen zu sollen, durch welche man bemüht war, den auf diesem Gebiete zu erörternden Fragen, wenn auch nur sehr allmählich, näher zu treten.

Über den Zusammenhang zwischen dem specifischen Volumen flüssiger Substanzen und ihrer molekularen Zusammensetzung hat Thorpe Untersuchungen ausgeführt. Allerdings muß bezüglich der an Details sehr reichen Mittheilungen Thorpe's, welche eine extraktweise Wiedergabe ihres Inhaltes nicht zulassen, auf die Originalabhandlungen<sup>1)</sup> verwiesen werden, doch sei über die Hauptschlüsse, zu welchen Thorpe auf Grund seiner Versuche gelangt, kurz Folgendes referiert.

Thorpe nimmt zunächst Bezug<sup>2)</sup> auf die den gleichen Gegenstand betreffenden, klassischen Untersuchungen Kopp's, welcher, wie bekannt, zu folgenden drei Gesetzen gelangte:

1. In vielen Fällen sind die Differenzen der specifischen Volumina proportional den Differenzen in den entsprechenden chemischen Formeln. So entspricht ein Unterschied von  $\text{CH}_2$  in einer homologen Reihe einer Differenz von etwa 22 im specifischen Volumen; die Substitution von  $n$  Bromatomen für eine gleiche Anzahl von Chloratomen erhöht das specifische Volumen um  $5n$ .

2. Isomere und metamere flüssige Verbindungen haben in der Regel dasselbe specifische Volumen; Ausnahmen bilden aber gewisse Sauerstoff- und Schwefelverbindungen.

3. Das Substituieren von einem Kohlenstoffatom für zwei Wasserstoffatome erzeugt keine Aenderung in dem specifischen Volumen gewisser Gruppen organischer Flüssigkeiten.

Auf Grund dieser Sätze war Kopp im Stande, gewisse numerische Werthe für die specifischen Volume der Elemente in den Verbindungen zu berechnen. Diese Werthe sind in der Regel für jedes besondere Element konstant; so hat nach Kopp der Kohlenstoff unveränderlich den Werth 11, der Wasserstoff 5,5. Ausnahmen wurden beobachtet bei den chemisch analogen

1) Chem. soc. 1880. I. p. 141. 189. 327 u. 341.

2) Naturforscher 1880. S. 407 u. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880. Bd. XIII. S. 1477.

Elementen Sauerstoff und Schwefel. Jedes von diesen hat zwei Werthe, die, wie es scheint, abhängen von der Art seiner Verbindung oder von seiner Beziehung zu den übrigen Atomen des Moleküls. Aceton und Allylalkohol haben z. B. beide die empirische Formel  $C_3H_6O$ , aber das specifische Volumen des Aceton ist 78,2, während das des Allylalkohol 73,8 ist. Im Aceton ist die Affinität des Sauerstoffs ganz gesättigt durch Kohlenstoff; das heißt, wir haben Grund anzunehmen, daß das Sauerstoffatom mit einem der Kohlenstoffatome inniger verbunden ist, als mit irgend einem der anderen Elemente, während im Allylalkohol eine Hälfte der Affinität durch Kohlenstoff und der Rest durch Wasserstoff gesättigt zu sein scheint. Es scheint also, daß, wenn Sauerstoff mit einem Element durch beide Affinitäten verbunden ist, sein specifisches Volumen 12,2 ist, wenn es hingegen nur mit einer Valenz verbunden ist, so ist sein specifisches Volumen = 7,8. Die korrespondierenden Werthe für Schwefel sind 28,6 und 22,6.

Es war zu erwarten, daß infolge dieser verschiedenen Werthe der specifischen Volume des Sauerstoffs und des Schwefels die Bestimmung des specifischen Volumens organischer Verbindungen ein wichtiges Hilfsmittel zur Feststellung der Konstitution derselben abgeben werde. Wenn man trotzdem den Bestimmungen des specifischen Volumens der Verbindungen zu diesem Zwecke bisher wenig Berücksichtigung zu Theil werden ließ, so hatte dies wohl hauptsächlich darin seinen Grund, daß die Uebereinstimmung des Versuchsergebnisses mit den vermittelt der Kopp'schen Konstanten berechneten Zahlen in vielen Fällen keine besonders befriedigende ist. Hiernach galt es durch erneute Versuche zu ermitteln, ob jener Mangel an Uebereinstimmung zwischen den durch den Versuch ermittelten und den berechneten Zahlen bei äußerster Exactität in der Ausführung der Versuche zum Verschwinden zu bringen sei, oder ob jene Differenzen ihre Bestätigung finden und ob eine gesetzmäßige Beziehung zwischen denselben und der Art, in welcher die Elemente mit einander verbunden sind, zu konstatieren sei.

Kopp ermittelte, wie bekannt, im Jahre 1855 die Molekularvolumina einer großen Anzahl von flüssigen Verbindungen, indem er die Molekulargewichte derselben durch das spe-

cifische Gewicht beim Siedepunkte, bezogen auf Wasser von 4° C. dividirte, und bestimmte zu dem Zwecke das specifische Gewicht der Flüssigkeiten, den Siedepunkt derselben und den Ausdehnungskoeffizienten zwischen 0° und dem Siedepunkte.

Auch Thorpe schlug bei seinen neueren Versuchen im Wesentlichen denselben Weg ein, strebte indessen durch eine Reihe von Voruntersuchungen die Bestimmungsmethoden zu vervollkommen und die Beobachtungsfehler zu vermindern. Hierüber, so wie über die zur Reinigung der zu untersuchenden Flüssigkeiten eingeschlagenen Wege ist in den citirten Originalabhandlungen ausführlich Bericht erstattet. Auf Grund seiner Versuchsergebnisse gelangt nun Thorpe <sup>1)</sup> zu den folgenden Schlüssen:

Es erscheint als sicher, daß viele isomere Flüssigkeiten, selbst solche von demselben chemischen Typus (den Ausdruck in demselben Sinne gebraucht, wie er von Kopp angewendet wird), bei ihren respektiven Siedepunkten nicht dasselbe specifische Volumen haben. Solche Fälle werden am häufigsten bei Körpern angetroffen, die Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten. Diese Thatsache scheint anzudeuten, daß das specifische Volumen des einen oder beider Elemente nicht absolut invariabel ist. So weit die Erfahrung reicht, zeigen die normalen Kohlenwasserstoffe bei ihren Siedetemperaturen ein niedrigeres specifisches Gewicht als ihre Isomeren; sie besitzen also ein größeres specifisches Volumen. Wahrscheinlich also werden die specifischen Volumen von Kohlenstoff und Wasserstoff durch die Gruppierung modificirt. Benzolderivate zeigen namentlich eine größere Abweichung von dem allgemeinen Gesetze, als daß man sie experimentellen Fehlern zuschreiben könnte. Eine analoge Abhängigkeit von der Art der Gruppierung haben Gladstone und später Brühl (siehe unten) für die Refraktion von Kohlenstoff und Wasserstoff nachgewiesen. Es ist mithin nicht unwahrscheinlich, daß zwischen der lichtbrechenden Kraft solcher Substanzen und ihren specifischen Volumen eine enge Beziehung besteht. Für Sauerstoff, Schwefel und Stickstoff muß wie für Kohlenstoff und Wasserstoff in Uebereinstimmung mit Kopp's Versuchen ein variables specifisches Volumen angenommen wer-

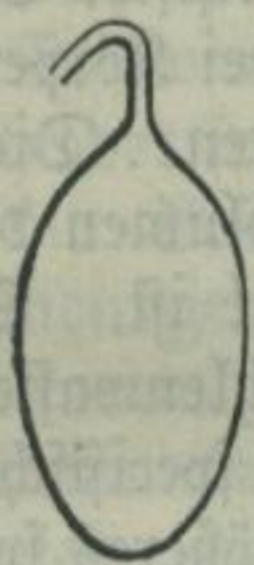
1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880 Bd. 13 S. 1477.

den; für andere Elemente erlaubt das Experiment bis jetzt nicht diesen Schluß zu ziehen. Die verschiedenen Glieder einer Familie von Elementen haben nicht dasselbe spezifische Volumen, vielmehr sind die Volumina der Elemente periodische Funktionen der Atomgewichte.

Besonders in den Kohlenstoffverbindungen mit sogenannten doppelten Bindungen scheint das Atomvolumen des Kohlenstoffs bedeutend abweichende Werthe zu besitzen und um diese Variationen näher kennen zu lernen und sie mit der Konstitution des ganzen Moleküls in Verbindung zu bringen, hat auch Robert Schiff<sup>1)</sup> eine noch nicht abgeschlossene Untersuchung über die spezifischen Volumina aller ihm zugänglichen Kohlenwasserstoffe unternommen.

Schiff betrat zur Ermittlung des spezifischen Gewichtes der flüssigen Kohlenwasserstoffe bei ihrer Siedetemperatur zunächst den von Ramsay<sup>2)</sup> eingeschlagenen Weg.

Fig. 52.



Letzterer bediente sich zur Vereinfachung des Verfahrens eines dünnwandigen, ellipsoidischen, etwa 10 ccm fassenden Glasgefäßes (Fig. 52) mit hakenartig umgebogenem kapillarem Halse. Der Kubikinhalt des Gefäßes war genau ermittelt. Dasselbe wurde mit der zu prüfenden Flüssigkeit gefüllt und in einem Glasmantel, auf dessen Boden eine kleine Menge derselben Flüssigkeit zum Sieden erhitzt wurde, mittelst eines Platindrahtes aufgehängt.

Während der Dampf die im Glasgefäß enthaltene Flüssigkeit erwärmte und diese sich ausdehnte, tropfte der Ueberschuß aus dem kapillaren Halse aus, bis die Flüssigkeit die Temperatur der sie umgebenden Dämpfe angenommen hatte. Wurde hier nach das Gefäß aus dem Dampfmantel herausgenommen, abgekühlt, getrocknet und gewogen, so hatte man alle Daten zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes.

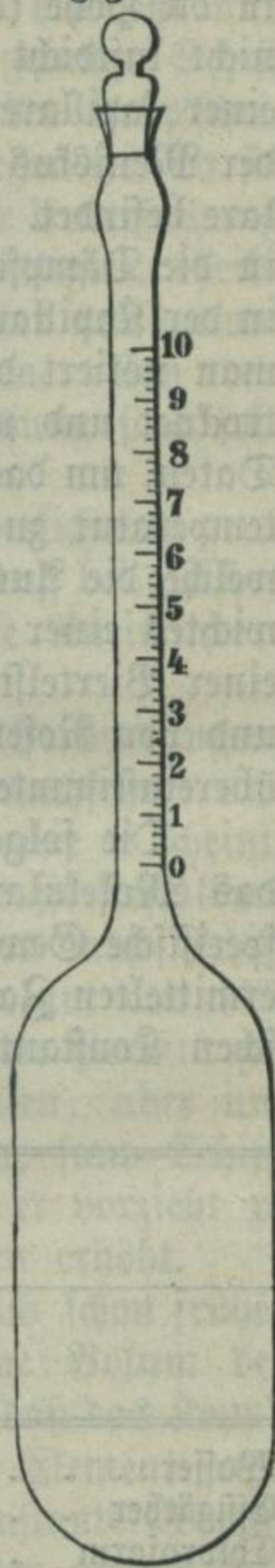
Ramsay fand die Ergebnisse seiner so ausgeführten zahlreichen Untersuchungen mit den von Kopp erhaltenen Zahlen im Ganzen sehr nahe übereinstimmend. Schiff begegnete indessen bei Anwendung des Ramsay'schen Apparates Schwierigkeiten, die namentlich dadurch herbeigeführt wurden, daß sich

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 2671.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879 Bd. 12 S. 1024.

in dem kapillaren Halse des Gefäßes häufig Dampfbläschen bildeten, welche nicht zu entfernen waren und daher den Versuch oft scheitern ließen. Schiff bediente sich daher bei seinen ferneren Versuchen eines kleinen dilatometerartigen Fläschchens (Fig. 53). Dasselbe wurde zur genauen Ermittlung des Rauminhaltes bei  $0^{\circ}$  bis zum Theilstrich Null mit reinem Quecksilber gefüllt und gewogen. Hierauf wurde die ganze Kapillare auf  $0^{\circ}$  abgekühlt, und 1,359 gr. Quecksilber eingeführt. Da das spezifische Gewicht des Quecksilbers bei  $0^{\circ}$  13,59 ist, so nimmt die eingeführte Menge genau  $\frac{1}{10}$  ccm Raum ein. Das Ende des Quecksilberfadens wurde mit 10 bezeichnet und die Röhre zwischen 0 und 10 in 10 gleiche Theile getheilt, welche mit fortlaufenden Ziffern bezeichnet sind, und von welchen ein jeder  $\frac{1}{100}$  ccm entsprechen. Jeder dieser Abschnitte wurde in 5 Theile getheilt, ein jeder  $\frac{1}{500}$  ccm entsprechend; dieselben sind aber noch geräumig genug, um  $\frac{1}{1000}$  ccm bequem und ohne Loupe abschätzen zu können. Wenn demnach das Fläschchen bis in die Kapillare mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, so kann man ihr Volumen bis zum tausendstel Kubikcentimeter genau direkt ablesen. Dieses Instrument wurde in überraschend genauer und eleganter Ausführung von der Firma Dr. Geißler in Bonn geliefert. Natürlich sind kleine Differenzen bei der Graduation der Kapillare nicht zu vermeiden, weshalb man sich durch Auswägen der Kapillare bei  $0^{\circ}$  eine kleine Correctionstabelle macht. Zur Ausführung der spezifischen Gewichtsbestimmung füllt man das Fläschchen mit der zu untersuchenden Flüssigkeit und hängt es entstöpselt mittelst einer besonderen Pinzette in einen Glasmantel, wie ihn B. Meyer zur Dampfdichtebestimmung benutzt. Auf dem Boden dieses letzteren bringt man einige Gramme derselben Flüssigkeit in starkes Sieden. Die Dämpfe

Fig. 53.



umhüllen und erwärmen das Fläschchen und nach wenigen Augenblicken ist alle bei der betreffenden Temperatur überschüssige Flüssigkeit über die Ränder der Kapillare geflossen. Alsdann zieht man die Pinzette nebst Fläschchen auf einen Augenblick in die Höhe (das ganze ist an einem breiten, den Glasmantel nicht luftdicht schließenden Kork befestigt) und entfernt mittelst einer kapillaren Pipette eine kleine Menge Flüssigkeit, so daß der Meniskus derselben sich an irgend einem Punkte der Kapillare befindet. Hierauf versenkt man rasch wieder das Fläschchen in die Dämpfe der Heizflüssigkeit und beobachtet den Meniskus in der Kapillare. Derselbe erreicht alsbald einen festen Stand; man notiert denselben, zieht das Instrument heraus, schließt, trocknet und wägt es nach dem Erkalten. Man hat so alle Daten, um das spezifische Gewicht der Flüssigkeit bei der Siedetemperatur zu berechnen. Schiff erhielt nach dieser Methode, welche die Ausführung einer Bestimmung des spezifischen Gewichtes einer Flüssigkeit bei deren Siedetemperatur in etwa einer Viertelstunde gestattet, Zahlen, die mit den von Kopp und von Rosetti beobachteten Zahlen im Allgemeinen sehr gut übereinstimmten.

Die folgende Tabelle gestattet einige der von Schiff für das Molekularvolumen (Molekulargewicht, dividiert durch das spezifische Gewicht bei der Siedetemperatur) durch den Versuch ermittelten Zahlen zu vergleichen mit dem mittelst der Kopp'schen Konstanten berechneten Molekularvolumen.

|                      | Siedepunkt | Molekularvolumen     |                     | Differenz |
|----------------------|------------|----------------------|---------------------|-----------|
|                      |            | gefunden nach Schiff | berechnet nach Kopp |           |
| Wasser . . . . .     | 100,3° C.  | 18,73                | 18,8                | 0,07      |
| Essigäther . . . . . | 74,3       | 106,81               | 108,0               | 1,19      |
| Chloroform . . . . . | 63,0       | 84,56                | 84,9                | 0,34      |
| Schwefelkohlenstoff  | 47,0       | 62,06                | 62,6                | 0,54      |
| Benzol . . . . .     | 80,0       | 95,94                | 99,0                | 3,06      |
| Toluol . . . . .     | 109,2      | 117,98               | 121,0               | 3,02      |
| Xylol . . . . .      | 136,5      | 140,20               | 143,0               | 2,80      |
| Cymol . . . . .      | 176,0      | 184,39               | 187,0               | 2,61      |



Man sieht, daß jene Differenzen bei Verbindungen, welche in doppelter Bindung stehende Kohlenstoffatome enthalten, wesentlich höher ausfallen als bei Verbindungen mit nur gesättigten Kohlenstoffatomen.

Durch weitere Untersuchungen, über welche bis jetzt nur vorläufige Mittheilungen<sup>1)</sup> veröffentlicht wurden, gelangte Schiff zu der Überzeugung, daß von der Benutzung der Kopp'schen Zahlen (für C 11, für H 5,5 u. s. w.) ganz abzusehen sei, da sie nur Durchschnittszahlen sind, welche sich bei der Untersuchung einer großen Anzahl verschiedenartiger, theils gesättigter, theils ungesättigter, theils normaler, theils nichtnormaler und darum unvergleichbarer Kohlenstoffverbindungen ergaben. Von den wichtigeren Ergebnissen der Schiff'schen Untersuchung sind folgende anzuführen:

Das Atomvolum des Kohlenstoffs ist veränderlich und zwar wird es sowohl durch Aenderung der Atomverkettung bei gleicher Valenzbeanspruchung, als auch durch lückenhafte Aneinanderreihung (sogenannte Doppelbindung) afficiert.

Durch den Vergleich einer Reihe gesättigter Verbindungen, welche eine gleiche Anzahl Kohlenstoffatome und wechselnde Anzahl Wasserstoffatome enthalten, fand er, daß der, wie es scheint, stetige Werth des specifischen Volums des Wasserstoffatoms = 5,6 ist. Nur in vergleichbaren Verbindungen fand Schiff (wie Kopp) das Volum von 2 C gleich dem Volum von 4 H.

Durch Vergleich gesättigter und ungesättigter Verbindungen, welche gleiche Anzahl von Kohlenstoffatomen, aber ungleiche Anzahl von Wasserstoffatomen enthalten, fand Schiff, daß jede sogenannte Doppelbindung, oder wie er vorzieht zu sagen, jede Lücke das Volum um 4 Einheiten erhöht.

Auch H. Schröder<sup>2)</sup> in Karlsruhe hat sich schon früher durch seine Untersuchungen über das specifische Volum der Körper zu der Schlußfolgerung geführt gesehen, daß das Kopp'sche Verfahren, für die Volume der Atome der Elemente aus den Molekularvolumen ihrer Verbindungen konstante Werthe abzuleiten, unzulässig sei. Schröder stellt unter andern folgende Sätze auf:

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 1270.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880 Bd. 13 S. 1560 u. 1881 Bd. 14 S. 15.

Isomere Körper haben nicht völlig gleiches Molekularvolumen; auch in den Fällen nicht, in welchen das bisher so angenommen wurde. Die Volumdifferenz (und ebenso die Siedepunktdifferenz) entsprechender Paare von Verbindungen, welche gleiche Zusammensetzungsdifferenz zeigen, ist nicht eine konstante, sondern eine gesetzmäßig veränderliche Größe. Diese gesetzmäßig veränderlichen Volumdifferenzen scheinen sich jedoch nicht selten einem Grenzwert rasch zu nähern. Schröder sucht nun ausführlich nachzuweisen, daß die Komponentenvolumen in jeder Verbindung in einfachen Verhältnissen stehen, ebenso bei Flüssigkeiten, wie bei festen Körpern, daß also das Volumen jedes Komponenten und jedes Elementes einer Verbindung durch das nämliche Maas — die sogenannte Stere — in ganzen Zahlen ausdrückbar sei. Er bezeichnet das ausgesprochene Gesetz als das Sterengesetz. Das Volummaas oder die Stere ist jedoch nach Schröder nicht eine völlig konstante Größe; sie wächst in den meisten Gruppen mit dem Molekulargewicht, in einigen Gruppen (z. B. bei den ersten Gliedern der Alkohole und Aldehyde) nimmt sie bei wachsendem Molekulargewicht ab, doch erscheint sie nur in engen Grenzen veränderlich und bleibt für alle bis jetzt untersuchten flüssigen Kohlenstoffverbindungen etwa in den Grenzen 6,7 bis 7,5 eingeschlossen. Diese Zahlen bedeuten Kubikcentimeter, wenn man die Atomgewichtszahlen Gramme bedeuten läßt.

Schröder findet, daß die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff im Allgemeinen den nämlichen Raum und zwar den Raum einer Stere erfüllen, in bestimmten Gruppen jedoch mit einer andern Kondensation enthalten sind. Diese verschiedenen Kondensationen sollen jedoch in engstem gesetzmäßigem Zusammenhang mit der durch die Strukturformeln ausgedrückten chemischen Konstitution stehen. Welche Raumerfüllung Schröder den Elementen in den verschiedenen Verbindungen zuschreibt, ergibt sich beispielsweise aus den nachstehenden, von ihm benutzten Formeln, in welchem die rechts unten neben dem Zeichen der Elemente stehende Zahl die Anzahl der Atome, die rechts oben stehende Zahl hingegen die Anzahl der Steren bezeichnet:

|                                                              | Gesamtanzahl der Steren | Werth der Stere | Molekularvolumen. |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------|
| Holzgeist $C_1^1H_3^3 \cdot O_1^1H_1^1$ . . . . .            | 6                       | 7,05            | 42,3              |
| Aldehyd $C_1^1H_3^3 \cdot C_1^1O_1^2H_1^1$ . . . . .         | 8                       | 7,1             | 56,8              |
| Essigsäure $C_1^1H_3^3C_1^1O_1^2 \cdot O_1^1H_1^1$ . . . . . | 9                       | 7,04            | 63,4              |
| Cyanmethyl $C_1^1H_3^3 \cdot C_1^2N_1^2$ . . . . .           | 8                       | 7,01            | 56,1              |
| Allylkohol $C_2^3H_3^3 \cdot C_1^1H_2^2 \cdot O_1^1H_1^1$    | 11                      | 6,8             | 74,8              |
| Benzol $C_6^8H_6^6$ . . . . .                                | 14                      | 6,86            | 96,0              |

Man sieht, daß der Sauerstoff im Wasserrest (ebenso im Aether) den Raum einer Stere, dagegen der mit 2 Valenzen an ein Kohlenstoffatom gebundene Sauerstoff in der CO-Gruppe den Raum von zwei Steren einnehmen soll. Das Wasserstoffatom erfüllt in der Regel den Raum einer Stere, im Ammoniak hingegen ( $N_1^1H_3^2$ ) sollen die drei Wasserstoffatome nur den Raum von 2 Steren einnehmen. Das an einwerthige Elemente oder mit nur je einer Valenz an andere Kohlenstoffatome gebundene Kohlenstoffatom nimmt nach Schröder den Raum einer Stere, dagegen nehmen die in doppelter Bindung stehenden Kohlenstoffatome einen größeren Raum ein, sie sind expandiert. Im Benzolkern sollen die 6 Atome Kohlenstoff dem Raum von 8 Steren erfüllen u. s. w. Die Werthe, welche der Stere in verschiedenen Verbindungen zukommen sollen, sind aus obiger Tabelle zu ersehen. Das Produkt aus dem Werthe der Stere in die Anzahl der Steren ergiebt das Molekularvolumen.

Auch Brühl hat umfangreiche Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Konstitution organischer Verbindungen und deren Dichte, so wie deren Vermögen das Licht fortzupflanzen ausgeführt. Seine Beobachtungen bezüglich der Dichte sind weiter unten zugleich mit seinen Untersuchungen über das Refraktionsvermögen eingehend besprochen.

Von außerordentlichem Interesse sind die Schlüsse, zu welchen F. Krafft<sup>1)</sup> auf Grund seiner Beobachtungen über die specifischen Gewichte, specifischen Volume u. s. w. der normalen Kohlenwasserstoffe  $C_nH_{2n+2}$  gelangt. Krafft hat eine große Anzahl der bisher noch unbekanntten Glieder jener Reihe, des-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 1711.

gleichem eine große Anzahl der noch wenig untersuchten, beziehentlich noch gar nicht bekannten Fettsäuren rein dargestellt und verschiedene ihrer physikalischen Eigenschaften mit großer Präcision festgestellt. Er hat dadurch einen sehr wichtigen Beitrag zur Erkenntnis der Abhängigkeit jener Eigenschaften von der Zusammensetzung geliefert. Während wir bezüglich des Ganges der Untersuchung und bezüglich der Darstellungsmethoden, welche zur Gewinnung der untersuchten Verbindungen dienten, auf die weiter unten folgenden Mittheilungen über Kohlenwasserstoffe und Fettsäuren verweisen, sind in der hier folgenden Tabelle zunächst die Schmelzpunkte, specifischen Gewichte, specifischen Volume u. s. w. der von Kraft dargestellten und untersuchten normalen Kohlenwasserstoffe der Reihe  $C_n H_{2n+2}$  zusammengestellt.

| Formel         | procentischer Kohlenstoffgehalt | Schmelzpunkt | Spec. Gew. beim Schmelzpunkt | Molekulargewicht | Molekularvolumen | Molekularvolumen reducirt $C_{35}H_{72}=492$ | Siedepunkt unter ca. 15 mm |
|----------------|---------------------------------|--------------|------------------------------|------------------|------------------|----------------------------------------------|----------------------------|
| $C_{11}H_{24}$ | 84,62                           | — 26,5°      | 0,7745                       | 156              | 201,4            | 157,4                                        | 81°                        |
| $C_{12}H_{26}$ | 84,70                           | — 12         | 0,7731                       | 170              | 219,9            | 171,8                                        | 98                         |
| $C_{13}H_{28}$ | 84,78                           | — 6,2        | 0,7755                       | 184              | 237,3            | 185,5                                        | 114                        |
| $C_{14}H_{30}$ | 84,85                           | + 4,5        | 0,7753                       | 198              | 255,4            | 199,6                                        | 129,5                      |
| $C_{15}H_{32}$ | 84,91                           | + 10         | 0,7758                       | 212              | 273,2            | 213,5                                        | 144                        |
| $C_{16}H_{34}$ | 84,96                           | + 18         | 0,7754                       | 226              | 291,4            | 227,7                                        | 157,5                      |
| $C_{17}H_{36}$ | 85,00                           | + 22,5       | 0,7767                       | 240              | 309,0            | 241,5                                        | 170                        |
| $C_{18}H_{38}$ | 85,04                           | + 28         | 0,7768                       | 254              | 326,9            | 255,5                                        | 181,5                      |
| $C_{19}H_{40}$ | 85,08                           | + 32         | 0,7774                       | 268              | 344,7            | 269,4                                        | 193                        |
| $C_{20}H_{42}$ | 85,10                           | + 36,7       | 0,7779                       | 282              | 362,5            | 283,3                                        | 205                        |
| $C_{21}H_{44}$ | 85,13                           | + 40,4       | 0,7783                       | 296              | 380,3            | 297,3                                        | 215                        |
| $C_{22}H_{46}$ | 85,16                           | + 44,4       | 0,7782                       | 310              | 398,3            | 311,3                                        | 224,5                      |
| $C_{23}H_{48}$ | 85,19                           | + 47,7       | 0,7785                       | 324              | 416,2            | 325,3                                        | 234                        |
| $C_{24}H_{50}$ | 85,21                           | + 51,1       | 0,7786                       | 338              | 434,1            | 339,3                                        | 243                        |
| $C_{27}H_{56}$ | 85,26                           | + 59,5       | 0,7796                       | 380              | 487,4            | 380,9                                        | 270                        |
| $C_{31}H_{64}$ | 85,32                           | + 68,1       | 0,7808                       | 436              | 558,4            | 436,4                                        | 302                        |
| $C_{35}H_{72}$ | 85,37                           | + 74,7       | 0,7816                       | 492              | 629,47           | 492                                          | 331                        |

Die in der Tabelle angegebenen specifischen Gewichte beziehen sich auf Wasser von 4° C. und ist die Bestimmung derselben durchgängig beim Schmelzpunkt des betreffenden Kohlenwasserstoffs mit der eben geschmolzenen Substanz ausgeführt worden, und nicht, wie bei der Mehrzahl ähnlicher Unter-

suchungen geschehen, beim Siedepunkte. Die bequeme Zugänglichkeit der ersteren Normaltemperatur bei allen hier in Betracht kommenden Substanzen rechtfertigt dies. Als Vergleichungstemperatur schien sie aber darum den Vorzug zu verdienen, weil wenig Phänomene von äußeren Einflüssen in so hohem Grade unabhängig sind als dasjenige der Schmelzung, während der Siedepunkte häufig durch fremde Einwirkungen und durch theilweise wohl noch nicht genügend erkannte Ursachen alteriert wird. Die unter der Rubrik „Molekularvolumen“ aufgeführten Zahlen ergeben sich als Quotient aus dem Molekulargewicht dividiert durch das specifische Gewicht.

Krafft stellt nun im Hinblick auf das Ergebnis der Bestimmungen des specifischen Gewichts den Satz hin: „Gleiche Volume geschmolzener Normalparaffine haben (sehr annähernd) gleiches Gewicht.“

Wie man aus der Tabelle ersieht, gilt dieser Satz für die lange Folge der höhern Sumpfgashomologen, also die 25 Hydrocarbure vom Undecan  $C_{11}H_{24}$  bis zum Pentatriacontan  $C_{35}H_{72}$ . Während für die genannten Homologen das Molekulargewicht ( $H_2 = 2$ ) von 156 bis 492 steigt, bleibt das specifische Gewicht der soeben geschmolzenen Körper fast das nämliche, indem das Gewicht von 1 Liter zwischen 773 und 781 g, also nur um etwa 1 Proc. seines Gesamtbetrages schwankt.

Zur Aufstellung eines einfachen Volumengesetzes für den tropfbar flüssigen Zustand ist man auf derartige Thatsachen hin dann vollständig befugt, wenn auch noch die genannte, zwar geringfügige, aber doch außerhalb etwaiger Versuchsfehler liegende Abweichung von einem ganz konstanten Gewichte als bloße Störung eines im günstigsten Falle mit völliger Genauigkeit zutreffenden Naturgesetzes betrachtet werden muß. In der That ist man, wie Krafft zeigt, zu dieser Auffassung der Sachlage berechtigt und es führt die Deutung jener kleinen Deviation mit ihrer allmählichen Steigerung zu einer vorläufig genügenden Erklärung der ganzen, schon in ihrer hier vorliegenden Annäherungsform überraschend einfachen Gesetzmäßigkeit.

Zunächst bedarf es wohl keiner längeren Erörterung, um die Ausnahmestellung der mitgetheilten Zahlenreihe hervorzuheben und daran zu erinnern, daß die specifischen Gewichte sowohl fester als tropfbar flüssiger Substanzen in der Regel um

große Beträge differieren, auch wenn die Beobachtung unter den verschiedensten Temperaturbedingungen ausgeführt wird. Jedermann kennt die systematisch so werthvollen Resultate, welche L. Meyer für die Elemente im starren Zustande aus dieser Sachlage zu ziehen wußte. Es kann füglich nicht bezweifelt werden, daß die von dem genannten und zahlreichen andern Forschern aufgefundenen Regelmäßigkeiten sich späterhin einer einheitlichen Formulierung werden unterziehen lassen, allein gerade deren Ermittlung ist sicher keine einfache Aufgabe. Handelt es sich doch um Auffindung einer Gleichung, welche möglichst einfache Beziehungen zwischen Qualität und Quantität aller chemisch verschiedenen Individuen (Moleküle) anzugeben, und welche dabei, was vielleicht das schwierigste ist, deren wechselndem Wärmeinhalt Rechnung zu tragen hat. Dies sind drei vom heutigen Stande der Wissenschaft vorgesehene Variablen, deren jede für sich noch dazu in Komponenten zerlegbar sein kann. Die erschöpfende experimentelle Beantwortung einer so vielseitigen Frage wird nun häufig als etwas ganz unthunliches bezeichnet, ja man geht manchmal so weit, die Existenz einfacher Volumbeziehungen für Solide und Liquide von vorneherein, beispielsweise unter der Hindeutung auf vermuthete complicierte, inter- und intramolekulare Anziehungerscheinungen und ähnliches, in Abrede zu stellen. Und doch muß die Forschung solche Hemmnisse beseitigen.

Krafft war bei der Synthese der höheren Normalparaffine bestrebt, eine Körpergruppe zu gewinnen, in welcher einmal die erste der angeführten 3 Variablen, die wechselnde Qualität der Materie, möglichst eliminiert und in der sodann der Wärmeinhalt ein stetig mit dem Molekulargewicht wachsender wäre, so daß also von 2 Variablen so viel nur irgend möglich abstrahiert und die Frage in dieser Beschränkung gestellt werden könnte: wie ändert sich das Molekularvolumen flüssiger (und fester) Körper bei Aenderung des Molekulargewichts?

Die langsame Aenderung des procentischen Kohlen- und Wasserstoffgehaltes der Paraffine  $C_n H_{2n+2}$  ergibt sich aus der Tabelle.

Vom Undecan  $C_{11}H_{24}$  bis zum Pentatriacontan  $C_{35}H_{72}$  aufwärts beträgt dieselbe, obwohl das Molekulargewicht sich mehr als verdreifacht, nur  $\pm 0,751$  Proc. (Der Kohlenstoffgehalt

steigt von 84,615 Proc. nur auf 85,366 Proc. während der Wasserstoffgehalt von 15,385 Proc. nur auf 14,634 Proc. sinkt). Sodann unterscheiden sich besonders die höheren Sumpfgashomologen (von den zehn ersten Gliedern der Reihe abgesehen) wenig von polymeren Substanzen. Am günstigsten zur Lösung mechanischer Probleme lägen natürlich die Zusammensetzungsverhältnisse bei den Aethylenhomologen oder Olefinen, welche als wirkliche Polymere aufzufassen sind und insgesamt der Formel  $C_n H_{2n}$  mit 85,714 Proc. Kohlenstoff und 14,286 Proc. Wasserstoff entsprechen: ob aber bei diesen Körpern — deren nicht leichte Reindarstellung in engem Anschluß an das Vorliegende in Angriff genommen wurde — der bekanntlich bei den Anfangsgliedern stark ausgeprägte Charakter „ungesättigter Verbindungen“ nach oben hin mehr und mehr verschwindet und zwar in einer Weise, daß die Vergleichbarkeit dieser Homologen wiederum durch eine Störung von eigenthümlichem Charakter gehindert wird oder nicht, kann erst durch die Untersuchung festgestellt werden. — Jedenfalls wird man nicht leicht ein regelmäßigeres Fortschreiten der Eigenschaften finden, als es bei den höheren Normalparaffinen vorhanden ist; während Nonan — Decan — Undecan noch sehr deutlich eine periodische Schwankung der Fusionstemperaturen für gerade und ungerade Kohlenstoffatomzahl aufweisen, tritt weiter nach oben in der Reihe (abstrahiert man auch von der stetigen Abnahme der Schmelzpunktdifferenzen für jedes weitere  $CH_2$ ) diese Oscillation der Schmelzpunktskurve immer mehr und bald fast ganz zurück. — Ein einfaches Mittel, auch aus Reihen mit starker Schwankung der Eigenschaften brauchbare Versuchsobjekte für vorläufige Studien zu machen, besteht selbstverständlich darin, nur deren abwechselnde (gerade oder ungerade) Glieder in Betracht zu ziehen. — Vorstehende Andeutungen mögen zur Fixation einiger Punkte genügen, welche bei dieser Arbeit mit im Hinblick auf spätere, ins Auge gefaßt wurden.

Krafft findet also den Grund für die fast genau übereinstimmenden specifischen Gewichte soeben geschmolzener Normalparaffine in deren ähnlicher procentischer Zusammensetzung neben der gleichmäßigen Aenderung ihrer Eigenschaften; die unbedeutende Schwankung der Volumengewichte wird wesentlich durch die allmähliche Aenderung des Kohlenstoffgehaltes veranlaßt.

Zum Nachweis für die Richtigkeit dieser Ansicht vorzüglich geeignet erscheinen einige von Krafft ausgeführte Bestimmungen des Volumengewichts der Fettsäuren.

Bekanntlich nimmt in der Essigsäurereihe das specifische Gewicht mit dem Wachsen der homologen Moleküle ab: man kann nicht umhin, diesen Umstand hauptsächlich dem Sinken des Sauerstoffgehaltes zuzuschreiben indem ein Blick auf die allgemeine Formel  $C_n H_{2n} O_2$  lehrt, daß durch die ganze Reihe das gegenseitige Verhältnis von Kohlenstoff und Wasserstoff ein konstantes bleibt (nämlich  $C_n H_{2n} = 12n : 2n = 6 : 1$ ). Nun vermag man zwar aus den älteren Daten die Abnahme des specifischen Gewichts dieser Flüssigkeiten beim Schmelz- oder Erstarrungspunkt, beispielsweise mit der Essigsäure beginnend — (die flüchtig bei  $17^\circ$  das specifische Gewicht 1,06 hat) — durch die Reihe aufwärts nur approximativ festzustellen, da die meisten Beobachtungen in einiger Entfernung vom Erstarrungspunkt ausgeführt wurden, jedoch zeigt sich mit vollster Regelmäßigkeit in den beifolgenden Dichten der soeben geschmolzenen höheren Fettsäuren diese Abnahme, und ferner auch die zugleich mit der procentischen wachsende Annäherung an die Volumengewichte der gänzlich sauerstofffreien Hydrocarbure:

| Säuren<br>$C_n H_{2n} O_2$ | Schmp. | Spec.<br>Gew. | Mol.=<br>Gew. | Mol.=<br>Vol. | Mol.=Vol.<br>reducirt<br>$C_{12}H_{24}O_2$<br>= 200. | Zusammen-<br>setzung |      |      |
|----------------------------|--------|---------------|---------------|---------------|------------------------------------------------------|----------------------|------|------|
|                            |        |               |               |               |                                                      | C                    | H    | O    |
| $C_{12}H_{24}O_2$          | 43,6°  | 0,8750        | 200           | 228,5         | 200                                                  | 72,0                 | 12,0 | 16,0 |
| $C_{14}H_{28}O_2$          | 53,8°  | 0,8622        | 228           | 264,4         | 231,4                                                | 73,7                 | 12,3 | 14,0 |
| $C_{16}H_{32}O_2$          | 62,0°  | 0,8527        | 256           | 300,2         | 262,7                                                | 75,0                 | 12,5 | 12,5 |
| $C_{18}H_{36}O_2$          | 69,2°  | 0,8454        | 284           | 335,9         | 294,0                                                | 76,1                 | 12,7 | 11,3 |

Zimmerhin ist das specifische Gewicht der geschmolzenen Stearinsäure  $C_{18} H_{36} O_2$  ihrem ansehnlichen Sauerstoffgehalt entsprechend noch wesentlich von demjenigen der Paraffine verschieden: und somit wird diese Tabelle in passender Weise durch einige Dichtebestimmungen der Ketone vervollständigt, wie sie nach der unten folgenden Beschreibung beim Erwärmen von Salzen vorgenannter Säuren mit Acetaten sich bilden. Der Anschluß der beiden Gruppen ist, abgesehen von ihrer differierenden



chemischen Funktion, schon darum ein ganz ungezwungener, weil auch für die Ketone  $C_n H_{2n} O$  der Kohlen- und der Wasserstoffgehalt wiederum das nämliche gleichbleibende Gewichtsverhältnis 6 : 1 hat.

| Ketone<br>$C_n H_{2n} O$ | Schmp. | Spec.<br>Gew. | Mol.=<br>Gew. | Mol.=<br>Vol. | reduc.<br>Mol.=Vol.<br>$C_{13} H_{26} O$<br>= 198. | Zusammen-<br>setzung |      |     |
|--------------------------|--------|---------------|---------------|---------------|----------------------------------------------------|----------------------|------|-----|
|                          |        |               |               |               |                                                    | C                    | H    | O   |
| $C_{13} H_{26} O$        | 28°    | 0,8229        | 198           | 246,6         | 198                                                | 78,8                 | 13,1 | 8,1 |
| $C_{15} H_{30} O$        | 39°    | 0,8182        | 226           | 276,2         | 227,3                                              | 79,6                 | 13,3 | 7,1 |
| $C_{17} H_{34} O$        | 48°    | 0,8140        | 254           | 312,0         | 256,7                                              | 80,3                 | 13,4 | 6,3 |
| $C_{19} H_{38} O$        | 55,5°  | 0,8108        | 282           | 347,8         | 286,2                                              | 80,8                 | 18,5 | 5,7 |

Der Sauerstoff ist beim letztgenannten Keton schon beträchtlich herabgesunken, so daß die specifischen Gewichte dieser Substanzen denjenigen der Kohlenwasserstoffe ein Bedeutendes näherücken. In hervorragender Weise aber nähert sich der Kohlen und Wasserstoffgehalt — immer noch mit dem konstanten Verhältnis 6 : 1 — in den hochmolekularen, durch Erhitzen der fettsauren Salze für sich allein entstandenen Ketonen  $C_n H_{2n} O$  dem procentischen Gehalt der Paraffine, während zugleich der Sauerstoffbetrag vom Lauron  $C_{23} H_{46} O$  bis zum Stearon  $C_{35} H_{70} O$  ein weit geringerer wird, als in der großen Mehrzahl der Kohlenstoffverbindungen.

| Ketone<br>$C_n H_{2n} O$ | Schmp. | Spec.<br>Gew. | Mol.=<br>Gew. | Mol.=<br>Vol. | Mol.=Vol.<br>$C_{23} H_{46} O$<br>= 338. | Zusammen-<br>setzung |      |     |
|--------------------------|--------|---------------|---------------|---------------|------------------------------------------|----------------------|------|-----|
|                          |        |               |               |               |                                          | C                    | H    | O   |
| $C_{23} H_{46} O$        | 69,0°  | 0,8036        | 338           | 420,6         | 338                                      | 81,7                 | 13,6 | 4,7 |
| $C_{27} H_{54} O$        | 72,3°  | 0,8013        | 394           | 491,7         | 395,1                                    | 82,2                 | 13,7 | 4,1 |
| $C_{31} H_{62} O$        | 82,8°  | 0,7997        | 450           | 562,7         | 452,2                                    | 82,7                 | 13,8 | 3,5 |
| $C_{35} H_{70} O$        | 88,4°  | 0,7979        | 506           | 634,1         | 509,5                                    | 83,0                 | 13,8 | 3,7 |

In der ganzen untersuchten Körpergruppe ändert sich das Volumen von Flüssigkeiten bei ihrem Erstarrungspunkt vor allem mit der procentischen Zusammensetzung, wird dagegen durch die

Größe des Molekulargewichts mindestens nicht wesentlich, wahrscheinlich sogar nur in verschwindender Weise beeinflusste. Wie man sieht, kommt das spezifische Gewicht für eben geschmolzenes Stearon,  $C_{35}H_{70}O$  mit 0,7979 demjenigen des Penta-triacontans,  $C_{35}H_{72}$ , mit 0,7816 bereits so nahe, daß an einem Zusammenfallen beider konvergierenden Zahlen beim weiteren Vorrücken in diesen zwei — oder auch beliebigen anderen — homologen Reihen, gleichviel wie sehr das Molekulargewicht wächst, wenn nur der Sauerstoffgehalt immer geringer wird und die Zusammensetzung sich mehr und mehr der Formel  $C_nH_{2n}$  nähert, nicht zu zweifeln ist. Die mitgetheilten Beobachtungen berechtigen also zur Aufstellung des Satzes:

„Gleiche Volume von prozentisch und thermisch vergleichbaren Flüssigkeiten haben gleiches Gewicht.“ Das kurz ausgedrückte „prozentisch“ bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung, während „thermisch vergleichbar“ vorläufig dahin gedeutet werden mag, daß der Gesamtwärmeinhalt verschiedener Verbindungen deren Molekulargewichte proportional sei. — Der Satz läßt sich übrigens in eine für manche Zwecke bequemere Fassung bringen und lautet dann: „Das Molekularvolumen von prozentisch und thermisch vergleichbaren Flüssigkeiten ist dem Molekulargewicht direkt proportional.“

In den entsprechend bezeichneten Spalten der obigen Zusammenstellungen findet man neben dem Molekulargewicht zunächst das Molekularvolumen in seiner allgemein vergleichbaren Form als Quotienten des spezifischen Gewichts in das Molekulargewicht. Ein für die weitere Untersuchung interessantes Resultat ergibt sich, wenn man die durch ein  $CH_2$  veranlaßte Volumvermehrung innerhalb aller hier betrachteten Gruppen ins Auge faßt. Man sieht dann sofort aus den Differenzen der Molekularvolumina, daß diese Zunahme in den verschiedenen homologen Reihen, wie auch in ungleicher Höhe derselben merklich die nämliche ist. Für die Normalparaffine beträgt sie 17,83, für die höheren Ketone 17,89, für die sogenannten gemischten Ketone 17,92 und für die höheren Fettsäuren 17,90. — Man weiß, daß H. Kopp in seinen umfangreichen Arbeiten über Molekularvolumina beim Siedepunkte zu einer entsprechenden Zahl 22 gelangt ist. — Angesichts dieses regelmäßigen Wachstums begreift es sich leicht, daß die Proportionalität von Mo-

Molekulargewicht eine um so vollkommener werden muß, je ähnlicher die Zusammensetzung der fraglichen Substanzen derjenigen  $n(\text{CH}_2)$  wird. Um nun die zweite Formulierung des ausgesprochenen Gesetzes an den gemachten Beobachtungen zu demonstrieren, ist das Molekularvolumen behufs möglichst unmittelbarer Vergleichung mit dem Molekulargewicht innerhalb der einzelnen Gruppen, in geeigneter Weise reducirt, z. B. für die Normalparaffine durchgehends mit  $492 : 629,47$  multiplicirt, dagegen für die höheren Ketone mit  $338 : 420,6$  u. s. w. Der Vergleich der betreffenden Spalten zeigt nun ohne weiteres, daß die Proportionalität von Molekulargewicht und Molekularvolumen eine um so vollständigere wird, je größer die procentische Vergleichbarkeit in den verschiedenen Flüssigkeitsreihen ist. Bei den höheren Normalparaffinen beträgt der Unterschied des nach Angabe reducirtten Molekularvolumens vom Heptadecan bis zum Pentatriacontan für je zwei benachbarte Glieder  $13,92$ , ist mithin nur sehr wenig geringer als die Zunahme ( $\text{CH}_2 =$ )  $14$  des Molekulargewichts, und das Verhältniß beider differirt nur unbedeutend von  $1 : 1$ . Dagegen findet man in der Gruppe der höheren Ketone vom Lauron bis zum Stearon ein Wachstumsverhältniß von  $14,3 : 14$ , bei den sogenannten gemischten Ketonen von  $\text{C}_{13}\text{H}_{26}\text{O}$  bis  $\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}$  schon ein solches von  $14,7 : 14$ . Bei den eben geschmolzenen Fettsäuren endlich, oberhalb der Laurinsäure, wächst das Molekularvolumen ein beträchtliches rascher als das Molekulargewicht, nämlich wie  $15,7 : 14$ . — Da die Frage nach dem Volumen der integrierenden Atome sich stets im Hintergrunde derjenigen nach dem Molekularvolumen befindet, könnten derartige Ergebnisse dazu veranlassen, mit Hülfe einfacher Rechenoperationen in bekannter Weise auch in dieser Richtung Aufschlüsse zu suchen: man wird sich aber hierbei, so schwierig das vielleicht erscheinen mag, stets bewußt sein müssen, daß ein solches Vorgehen den Boden der Hypothese in ungleich höherem Maße betritt, als dies für eine erste, grundlegende Experimentaluntersuchung statthast ist. Dagegen erscheint die Ausdehnung des entwickelten Fundamentalsatzes auf Flüssigkeiten überhaupt als ein vollkommen naturgemäßer Schritt.

Die Abhängigkeit des Schmelzpunktes von der

Atomordnung hat Carnelly <sup>1)</sup> in Erörterung gezogen. Derselbe beschränkt seine Betrachtungen zunächst auf die Kohlenstoffverbindungen und zwar auf die mit einander isomeren Verbindungen, da die Verschiedenheit der Eigenschaften, welche Verbindungen von gleicher procentischen Zusammensetzung und von gleichem Molekulargewicht erkennen lassen, von der verschiedenen Anordnung der Atome in den Molekulanordnungen abhängen muß.

Carnelly hat etwa 15000 Schmelzpunktbestimmungen gesammelt, mit deren systematischer Gruppierung er noch beschäftigt ist; doch haben sich ihm schon jetzt einige interessante Aufschlüsse über den Einfluß der Atomordnung ergeben.

Bezüglich der Benzolderivate, welche aus dem Benzol durch Vertretung zweier Wasserstoffatome entstanden sind, hat sich herausgestellt, daß die Paraverbindungen (1,4 Stellung) bei höheren Temperaturen schmelzen als die Orthoverbindungen (1,2 Stellung) und die Metaverbindungen (1,3 Stellung), während unter den Ortho- und Metaverbindungen bald die ersteren bald die letzteren einen höheren Schmelzpunkt haben.

Die Anordnung der Atome in den Para-Verbindungen ist nun eine symmetrische, während in den Ortho- und Meta-Verbindungen die Anordnung asymmetrisch ist, oder mit anderen Worten: Der Schwerpunkt des Moleküls entspricht dem Mittelpunkte der Figur des Moleküls bei den Paraverbindungen in höherem Maße als bei den Ortho- und Meta-Verbindungen. Diese Beobachtung führte Carnelly zu dem Schlusse, daß eine ähnliche Regel auch gelten möge nicht bloß für die Mono-Derivate des Benzols, sondern auch für alle isomeren Kohlenstoff-Verbindungen. Er stellt daher den Satz auf: daß von zwei oder mehr isomeren Verbindungen diejenigen, welche mehr symmetrisch und mehr kompakt angeordnet sind, einen höheren Schmelzpunkt haben, als die, bei denen die Atomordnung asymmetrisch ist, oder lange Ketten gebildet sind.

Carnelly bringt für den eben ausgesprochenen Satz eine große Anzahl von Belegen bei aus der Reihe der Mono-, Di-, Tri-, Tetra-, Hepta- und Hexa-Derivate des Benzols wegen

1) Naturforscher 1882 S. 143 nach Philosophical Magazine Ser. 5. Vol. XIII, 1882 p. 112 a. 180.

deren auf das Original verwiesen werden muß, da die Anführung nur einzelner Beispiele nicht beweisend wäre. Es sei nur noch bemerkt, daß die Richtigkeit des Satzes sich auch darin bemerklich macht, daß im allgemeinen die Mono- und die Penta-Derivate einen verhältnismäßig niedrigen Schmelzpunkt haben im Vergleich mit den übrigen Derivaten, was sich damit erklären läßt, daß das Benzol keine symmetrischen Mono- und Penta-Derivate bilden kann, während dies bei den Di-, Tri-, Tetra- und Hexa-Derivaten wohl möglich ist.

Während Lothar Meyer in seinen „Moderne Theorien der Chemie“ den Satz aufgestellt hat, daß unter den isomeren Verbindungen diejenigen die flüchtigsten sind, welche die meisten Seitenketten besitzen, oder in denen die Hauptkette der Atome am meisten verzweigt, diese also am kürzesten ist, kommt Carnelly aus seinen zahlreichen Beobachtungen in Betreff des Schmelzpunktes zu dem gerade entgegengesetzten Schluß; er findet nämlich, daß diejenigen isomeren Körper den höchsten Schmelzpunkt haben, welche die meisten Seitenketten besitzen. Dies ist bereits oben angeführt in dem Satze, je kompakter eine Verbindung ist, desto höher ist ihr Schmelzpunkt; und dies wird von Carnelly durch eine Reihe von Beispielen belegt. Für homologe Reihen hat Baeyer<sup>1)</sup> die Beobachtung gemacht, daß der Schmelzpunkt mit der geraden oder ungeraden Zahl der Glieder in Zusammenhang stehe, so zwar, daß diejenigen Verbindungen, welche eine gerade Anzahl von Kohlenstoff-Atomen besitzen, bei höherer Temperatur schmelzen als die benachbarten Verbindungen mit einer ungeraden Zahl.

Dies wird vollkommen bestätigt, durch die Schmelzpunktbestimmungen, welche F. Krafft<sup>2)</sup> mit den von ihm dargestellten normalen Fettsäuren (siehe weiter unten) vornahm. Er fand

|               |                     | Schmelzpunkt |
|---------------|---------------------|--------------|
| Nonylsäure    | $C_9 H_{18} O_2$    | 12,5° C.     |
| Capninsäure   | $C_{10} H_{20} O_2$ | 31,4         |
| Undecylsäure  | $C_{11} H_{22} O_2$ | 28,0         |
| Dodecylsäure  | $C_{12} H_{24} O_2$ | 43,6         |
| Tridecylsäure | $C_{13} H_{26} O_2$ | 40,5         |

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1877 Bd. 10 S. 1286.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 1706.

|                 |                   | Schmelzpunkt |
|-----------------|-------------------|--------------|
| Myristinsäure   | $C_{14}H_{28}O_2$ | 53,8° C.     |
| Pentadecylsäure | $C_{15}H_{30}O_2$ | 51,0         |
| Palmitinsäure   | $C_{16}H_{32}O_2$ | 62,0         |
| Margarinsäure   | $C_{17}H_{34}O_2$ | 59,8         |
| Stearinsäure    | $C_{18}H_{36}O_2$ | 69,2         |

Stellt man die Glieder mit paarer Anzahl von Kohlenstoffatomen und ebenso die Glieder mit unpaarer Anzahl in je eine Reihe zusammen, so ergiebt sich, daß in jeder der beiden Reihen der Schmelzpunkt mit dem Molekulargewicht steigt, daß indessen die Zunahme der Schmelztemperatur bei den höhern Gliedern einer jeden Reihe eine geringere ist, als bei den niederen Gliedern derselben:

| unpaar   | Schmelzsp. | Diff. | paar     | Schmelzsp. | Diff. |
|----------|------------|-------|----------|------------|-------|
| $C_9$    | 12,5°      | 15,5  | $C_{10}$ | 31,4       | 12,2  |
| $C_{11}$ | 28,0       | 12,5  | $C_{12}$ | 43,6       | 10,2  |
| $C_{13}$ | 40,5       | 10,5  | $C_{14}$ | 53,8       | 8,2   |
| $C_{15}$ | 51,0       | 8,8   | $C_{16}$ | 62,0       | 7,2   |
| $C_{17}$ | 59,8       |       | $C_{18}$ | 69,2       |       |

J. Krafft weist darauf hin, daß bei den normalen Kohlenwasserstoffen  $C_nH_{2n+2}$  die Differenz zwischen Schmelzpunkt und Siedepunkt mit dem Molekulargewicht wächst. Ein Blick auf die oben (S. 280) mitgetheilte Tabelle läßt dies erkennen. Die Differenz zwischen dem Schmelzpunkt und dem unter einem Drucke von 15 mm bestimmten Siedepunkte beträgt beispielsweise für das Undecan  $C_{11}H_{24}$  107,5° C., für das Pentatriacontan  $C_{35}H_{72}$  aber 256,3° C.

Die Relationen zwischen der chemischen Konstitution und dem Lichtbrechungsvermögen der Stoffe sind von J. W. Brühl eingehend erörtert worden und hat derselbe die Ergebnisse früherer Forschungen, so wie die sehr beachtenswerthen Resultate seiner eignen Untersuchungen in mehreren umfangreichen Abhandlungen<sup>1)</sup> niedergelegt, denen wir hier Folgendes entnehmen.

1) Liebig's Ann. d. Chem. 1879 Bd. 200 S. 139 u. 1880 Bd. 203 S. 1 u. 255.

Die Beziehungen zwischen der Fortpflanzung des Lichtes durch die verschiedenen Körper und der stofflichen Beschaffenheit derselben sind zuerst von Newton untersucht worden. Infolge der von ihm entwickelten Emissionshypothese gelangte er zu der Anschauung, daß als Maaß der lichtbrechenden Kraft der Substanzen das um eins verminderte Quadrat des Brechungsindex zu betrachten sei, und bezeichnete er daher dem Ausdruck  $n^2 - 1$  als die lichtbrechende Kraft eines Mittels. Da nun weiter die Energie, mit welcher die Körper das Licht abzulenken vermögen, proportional der Dichtigkeit derselben wächst, so stellte Newton den Ausdruck  $\frac{n^2 - 1}{d}$  als das spezifische Brechungsvermögen der Substanzen hin. Dieser Ausdruck sollte die relative brechende Kraft der Stoffe ausdrücken, welche allein durch ihre chemische Beschaffenheit bedingt wird und von dem Einflusse der verschiedenen Dichte befreit ist.

Biot und Arago erbrachten den Nachweis, daß bei Gasen der Werth  $n^2 - 1$  sich in der That proportional der Dichte ändere, daß also das spezifische Brechungsvermögen  $\frac{n^2 - 1}{d}$  ein und desselben Gases stets gleich bleibe, wie sich auch Druck und Temperatur ändern mögen.

Wie Laplace zeigte, ließ sich die Konstanz dieses Ausdruckes für dasselbe Mittel aus den Principien der Emissionstheorie als nothwendige Konsequenz ableiten, doch verlor derselbe mit dem Fallen der Emissionshypothese seine theoretische Bedeutung und überdies ergaben die namentlich von Gladstone und Dale und von Landolt<sup>1)</sup> ausgeführten Untersuchungen fester und flüssiger Substanzen, daß das durch die Formel  $\frac{n^2 - 1}{d}$  ausgedrückte Maaß des Brechungsvermögens bei festen und flüssigen Körpern nicht konstant, sondern mit der Temperatur veränderlich ist.

Durch die erwähnten Arbeiten von Gladstone und Dale und von Landolt, so wie durch sehr zahlreiche Messungen von Wüllner<sup>2)</sup> wurde zugleich dargelegt, daß ein der Newton-La-

1) Poggend. Ann. Bd. 123 S. 595.

2) Poggend. Ann. Bd. 133 S. 1.

place'schen Formel ähnlicher Ausdruck, nämlich der Quotient  $\frac{n-1}{d}$ , ein Maaß für die relative lichtbrechende Kraft der Körper abgiebt.

Der um die Einheit verminderte Brechungsindex ein und desselben flüssigen oder festen Mittels, die nun in der Form  $n-1$  bezeichnete lichtbrechende Kraft, wird durch Temperaturänderungen fast genau in derselben Weise beeinflusst, wie die Dichte, so daß der Quotient  $\frac{n-1}{d}$ , die relative brechende Kraft oder das specifische Brechungsvermögen für ein und denselben Körper nahezu vollkommen konstant, d. h. bei allen Temperaturen eine unveränderliche, nur von der chemischen Beschaffenheit der Substanz abhängige Zahl ist.

Dieser Ausdruck ist nun in der That für Gase ebenso gut anwendbar, wie der früher von Biot und Arago benutzte  $\frac{n^2-1}{d}$ , da sich die Brechungsindices der gasförmigen Substanzen von der Einheit nur so wenig unterscheiden, daß die Werthe  $n-1$  und  $n^2-1$  nahezu proportional sind.

Somit kann also der Quotient  $\frac{n-1}{d}$  als das allen drei Aggregatzuständen gemeinsame konstante Maaß des specifischen Brechungsvermögens bezeichnet werden. Es ist jener Ausdruck allerdings nur eine empirisch gefundene, bis jetzt noch jeder theoretischen Begründung entbehrende, konstante Relation zwischen Brechungsindex und specifischem Gewicht, welche den Einfluß der Temperatur auf das Brechungsvermögen der Körper fast vollständig eliminiert.

Wäre dies vollkommen genau, so müßte  $\frac{n-1}{d}$  absolut konstant sein für alle Temperaturen. Dies ist zwar nicht vollkommen, aber so annähernd der Fall, daß die obwaltenden Beziehungen zwischen der chemischen Natur der Stoffe und ihrem Vermögen das Licht fortzupflanzen, durch diese Ungenauigkeit nicht wesentlich getrübt werden können.

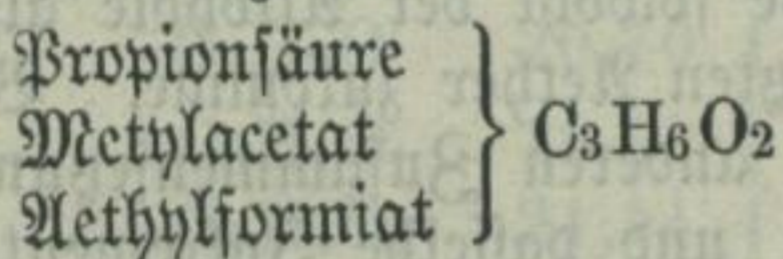
Das specifische Brechungsvermögen der Stoffe ist eine von der chemischen Beschaffenheit derselben abhängige physikalische



Eigenschaft. Es war daher ein wichtiger Fortschritt, als zuerst durch Berthelot<sup>1)</sup> das Maas jener Eigenschaft auf chemisch vergleichbare Quantitäten — auf die Molekulargewichte  $P$  — bezogen wurde. Den Ausdruck  $P \frac{n^2 - 1}{d}$  nannte Berthelot das specifische Brechungsvermögen der Molekel oder das molekulare Brechungsvermögen. Als aber später erkannt worden war, daß nicht der Quotient  $\frac{n^2 - 1}{d}$ , sondern  $\frac{n - 1}{d}$  die wahre Konstante darstellt, welche die relative brechende Kraft der Körper zu vergleichen gestattet, trat an die Stelle der Berthelot'schen die ähnliche Formel  $P \cdot \frac{n - 1}{d}$ , welche von Landolt<sup>2)</sup> eingeführt und auch mit dem Namen Refraktionsäquivalent bezeichnet wurde.

Das Verhalten isomerer und polymerer organischer flüssiger Verbindungen ist mehrfach der Untersuchung unterzogen und von allen Autoren ist die Ansicht ausgesprochen worden, daß das specifische Brechungsvermögen derartiger Körper ein gleichartiges sei.

Landolt verglich unter anderen eine Reihe von Säuren mit isomeren Aetherarten z. B.



und zeigte, daß die Refraktionsäquivalente solcher Isomeren im Allgemeinen sehr nahe übereinstimmen. Er wies ferner nach, daß gleiche procentische Zusammensetzung besitzende Mischungen verschiedener Körper vielfach ein fast gleiches specifisches Refraktionsvermögen zeigen. So ergaben beispielsweise folgende verschiedenartige Mischungen, welche alle die procentische Zusammensetzung des Glycerins besitzen, fast genau mit einander und mit dem Refraktionsäquivalent des Glycerins übereinstimmende Zahlen:

1) Ann. d. chim. et phys. t. 48 p. 342.

2) Poggend. Ann. Bd. 123, S. 595.

| Mischung von |                     | $P \cdot \frac{\mu_\alpha - 1^1)}{d}$ |
|--------------|---------------------|---------------------------------------|
| 1            | Äquiv. Propionsäure | } . . . . 35,71                       |
| 1            | " Wasser            |                                       |
| 1            | " Methylalkohol     | } . . . . 34,59                       |
| 1            | " Ameisensäure      |                                       |
| 1            | " Methylalkohol     | } . . . . 34,42                       |
| 1            | " Essigsäure        |                                       |

Wäre die Uebereinstimmung der Zahlen für alle Mischungen von gleicher prozentischer Zusammensetzung eine vollständige, so würde der Schluß gerechtfertigt sein, daß nur das Mischungsverhältnis der Elemente, nicht aber die verschiedene Lagerung der Atome auf das spezifische Refraktionsvermögen von Einfluß sei. Hier sind indessen nur Mischungen von Verbindungen verglichen worden, die zwar einander unähnlich, deren Architektur sich indessen doch auf denselben Grundtypus zurückführen läßt. Daß in der That die Atomgruppierung einen gewissen Einfluß auf das Refraktionsäquivalent ausübt, geht aus Landolt's Untersuchungen über homologe Reihen hervor.

Landolt fand zunächst, daß als Refraktionsäquivalent für eine Zusammensetzungsdifferenz von  $\text{CH}_2$  sich im Mittel die Zahl 7,6 ergab und daß derselbe Werth dem Inkrement  $\text{CH}_2$  in der Reihe sowohl der Alkohole als der Säuren und der zusammengesetzten Aether zukomme. Vergleicht man aber Körper von einer anderen Zusammensetzungsdifferenz, so ergeben sich für ein und dasselbe Inkrement nicht ganz gleiche Unterschiede. Z. B. für die Zusammensetzung  $\text{CH}_2\text{O}$ :

|               |                                  | $P \frac{\mu_\alpha - 1}{d}$ | Differenz. |
|---------------|----------------------------------|------------------------------|------------|
| Aldehyd       | $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$   | 18,58                        | } 9,99     |
| Propionsäure  | $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ | 28,57                        |            |
| Aceton        | $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$   | 26,12                        | } 10,10    |
| Buttersäure   | $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ | 36,22                        |            |
| Essigsäure    | $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ | 21,11                        | } 10,70    |
| Milchsäure    | $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ | 31,81                        |            |
| Methylalkohol | $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ | 23,77                        | } 10,55    |
| Glycerin      | $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ | 34,32                        |            |

1) Hier ist an Stelle des Brechungsindex  $n$  der von Landolt

Solche Ungleichheiten in den Differenzen der Refraktionsäquivalente ergeben sich auch für andere Unterschiede der Zusammensetzung. Aus den Untersuchungen Landolt's ist daher das Resultat zu ziehen, daß das spezifische Brechungsvermögen der Körper hauptsächlich durch das Gewichtsverhältnis der Elemente bedingt ist, und daß die Atomgruppierung nur einen geringen, jedoch zuweilen merklichen Einfluß auf dasselbe ausübt.

Der Nachweis, daß isomere Körper sehr annähernd gleiche Molekularrefraktion zeigen, ermöglicht es, das Brechungsvermögen der Elemente zu ermitteln. Von den verschiedenen Wegen, welche Landolt zur Bestimmung des Refraktionsvermögens des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs einschlug, sei hier nur folgender erwähnt.

Landolt verglich Verbindungen mit einander, deren Zusammensetzung um ein Kohlenstoffatom differierte, oder um 2 Wasserstoffatome oder um ein Sauerstoffatom, und die Differenz der Molekularrefraktion ergab dann das Brechungsvermögen der Elemente. Z. B.

|               |                                  | $P \frac{\mu_a - 1}{d}$ | Differenz               |
|---------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Methylalkohol | $\text{CH}_4\text{O}$            | 13,17                   | } 5,41 für $\text{C}_1$ |
| Aldehyd       | $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$   | 18,58                   |                         |
| Aldehyd       | $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$   | 18,58                   | } 2,12 für $\text{H}_2$ |
| Methylalkohol | $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$   | 20,70                   |                         |
| Aldehyd       | $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$   | 18,58                   | } 2,53 für $\text{O}_1$ |
| Essigsäure    | $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ | 21,11                   |                         |

Als Mittel aus einer großen Anzahl von Versuchen ergaben sich folgende Werthe für die Atomrefraktion der drei Elemente

für  $\text{C} = 5$

für  $\text{H} = 1,3$

für  $\text{O} = 3.$

Mit Hilfe dieser Zahlen läßt sich also das molekulare Brechungsvermögen kohlenstoff-, wasserstoff- und sauerstoffhaltigen Körper aus ihrer empirischen Formel berechnen und in der That stimmen die Zahlen, welche Landolt für die Säuren, Alkohole, zusammengesetzten Aether und noch einige anderen

bei seinen Arbeiten benutzte Index  $\mu_a$  für den rothen Strahl  $\text{H}_\alpha$  des Wasserstoffspektrums eingeführt.

Klassen zugehörnden Substanzen ermittelte, sehr gut mit den berechneten überein.

Nächst den Untersuchungen Landolt's nehmen vorzugsweise die Arbeiten Gladstone's<sup>1)</sup> unser Interesse in Anspruch. Letzterer weist an einer großen Reihe von Kohlenstoffverbindungen nach, daß die Uebereinstimmung der für die Molekularrefraktion beobachteten Werthe mit den aus der chemischen Formel berechneten eine fast vollständige ist. Gleichzeitig führt er aber auch eine bedeutende Anzahl verschiedenen Klassen zugehöriger Körper an, deren beobachtete Molekularrefraktion von der berechneten durchaus abweicht. Die Ausnahmen von dem Gesetz, daß die Atomgruppierung keinen Einfluß auf das spezifische Brechungsvermögen ausübt, sind indessen so zahlreich, daß sie das ganze Gesetz umstoßen.

Gladstone zeigte weiter, daß die dem Gesetze nicht folgenden Körper sämmtlich reich an Kohlenstoff sind und daß sie ohne Ausnahme ein höheres Refraktionsvermögen besitzen, als sich aus ihrer Formel berechnet. In besonders hohem Grade stellte sich dies für das Benzol, Naphthalin, Anthracen und deren Derivate heraus.

Brühl stellte sich zunächst die Aufgabe, zu erörtern, welche Eigenthümlichkeiten der Atomgruppierung allen denjenigen Körpern gemeinsam seien, in welchen die Fortpflanzung der Lichtstrahlen in einer abnormen Weise vor sich zu gehen scheint, und glaubt Brühl zur Beantwortung dieser Frage gelangt zu sein.

Durch zahlreiche Versuche fand er zunächst bestätigt, daß die Molekularrefraktion aller gesättigten Verbindungen eine normale, von der Atomgruppierung unabhängige ist. Er versteht hier unter gesättigten Verbindungen solche, in welchen die polyvalenten Elemente nur mit je einer Verwandtschaftseinheit an einander gekettet sind. Kohlenwasserstoffe von der Formel  $C_nH_{2n}$ , in welchen eine ringsörmige Verkettung der Kohlenstoffatome statt hat, nicht aber Kohlenstoffatome in doppelter Bindung auftreten, würden nach Brühl als gesättigte Verbindungen zu betrachten sein.

Dahingegen ergiebt sich eine anormale Molekularrefraktion und zwar eine Molekularrefraktion, die größer ist, als die

1) London R. Soc. Proc. 18, 9. — Chem. Soc. Journ. t. 8 p. 101 a. 147.

normale, zunächst für alle die gesättigten Kohlenstoffverbindungen, in welchen sich Kohlenstoffatome in doppelter oder mehrfacher Bindung befinden.

Die Molekularrefraktion des Benzols berechnet sich unter Zugrundelegung der oben angeführten, von Landolt für die Atomrefraktion aufgestellten Zahlen ( $C=5,0$ ,  $H=1,3$ ) wie folgt:

$$C_6 = 6 \cdot 5,0 = 30,0$$

$$H_6 = 6 \cdot 1,3 = 7,8$$

---


$$\text{Sa. } 37,8$$

Gladstone fand die Molekularrefraktion des Benzols = 43,7. Die Differenz zwischen dem gefundenen und dem berechneten Werthe ist also  $43,7 - 37,8 = 5,9$ .

Im Mittel fand Gladstone für die Benzolderivate die Differenz zwischen den beobachteten und berechneten Werthen der Molekularrefraktion = 6.

Nun enthalten aber die Benzolderivate nach Kekulé im Moleküle drei Kohlenstoffpaare mit doppelter Bindung. Man darf daher schließen, daß jedes in doppelter Bindung stehende Kohlenstoffpaar eine Erhöhung der Molekularrefraktion um  $\frac{6}{3} = 2$  bewirkt, oder daß die Atomrefraktion des in doppelter Bindung befindlichen Kohlenstoffatoms um 1 größer ist, als die des in einfacher Bindung befindlichen. Ergab sich für letztere nach Landolt der Werth  $C'=5,0$ , so würde sich für erstere der Werth  $C''=6,0$  ergeben.

Nach Brühl ist also die Atomrefraktion der einwerthigen Elemente konstant, d. h. unabhängig von ihrer Stellung in den zusammengesetzten Körpern; dahingegen ist nach ihm die Atomrefraktion des Kohlenstoffs (und der polyvalenten Grundstoffe im Allgemeinen) variabel und wird bedingt durch die Bindungsweise desselben.

Brühl hat nun die allgemeine Gültigkeit der hier aufgestellten Sätze zu konstatieren gesucht und durch zahlreiche Beobachtungen die Werthe ermittelt, welche sich einerseits für die Atomrefraktion der univalenten Elemente und andererseits für die polyvalenten Elemente bei verschiedener Bindungsweise ergeben. Bezüglich der Details der Beobachtungen verweisen wir auf die bereits citierten Originalabhandlungen und begnügen uns hier den Gang der Untersuchungen nur im Allgemeinen anzudeuten und durch einige Beispiele zu erläutern.

Brühl bestimmte für eine große Anzahl von organischen Verbindungen das specifische Gewicht und den Brechungscoefficienten. Beide Werthe mußten selbstverständlich für gleiche Temperaturen ermittelt werden. Brühl führte sämtliche Beobachtungen bei 20° C. aus. Die mittelst eines Sprengel'schen Piknometers<sup>1)</sup> bei 20° C. ermittelten specifischen Gewichte wurden auf Wasser von 4° bezogen und auf den leeren Raum

reducirt nach der Formel  $d_4^{20} = \frac{m}{w} (Q - \lambda) + \lambda$ , wo m das

Gewicht der Substanz, w das Gewicht des Wassers in der Luft bei 20° C., Q die Dichte des Wassers bei 20° C. (0,99827) und  $\lambda$  die mittlere Dichte der Luft (0,0012) bedeuten.

Die Brechungsindices der Substanzen wurden mittelst eines vorzüglichen Spektrometers von Meyerstein in Göttingen für vier Strahlen bei 20° C. bestimmt und zwar für das Natriumlicht und den rothen ( $H_\alpha$ ), grünen ( $H_\beta$ ) und violetten Streifen ( $H_\gamma$ ) des Wasserstoffspektrums. Die Ermittlung der Brechungscoefficienten geschah nach der Methode der kleinsten Ablenkung und mit Hülfe der Formel:

$$n = \frac{\sin \frac{a + \varphi}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}$$

worin a den Winkel der minimalen Ablenkung und  $\varphi$  den brechenden Winkel des Prismas bedeutet. Zur Feststellung des Refraktionsäquivalentes oder der Molekularrefraktion war die Formel

$$R = P \cdot \frac{n - 1}{d_4^{20}} \quad (\text{siehe oben S. 293})$$

in Anwendung zu bringen.

Bekanntlich ist nun aber der Brechungsindex eines Körpers um so größer, je kleiner die Wellenlänge des Lichtes ist, für welche die Brechung bestimmt wird, d. h. je mehr der Strahl dem violetten Ende des Spektrums naheliegt. Der Zuwachs, den der Index für abnehmende Werthe der Wellenlänge erfährt, oder die Dispersion ist für verschiedene Stoffe ver-

1) Liebig's Ann. Bd. 203 S. 4.

schieden, und daraus folgt unmittelbar, daß zwei Substanzen, welche den gleichen Brechungsindex für irgend eine Wellenlänge z. B. jene des gelben Natriumlichtes besitzen, nicht auch für eine andere Wellenlänge ebenfalls gleiche Werthe ergeben. Welchen der für verschiedene Strahlen ermittelten Brechungsindizes soll man nun benutzen, um die beiden Stoffe in Hinsicht ihrer lichtbrechenden Kraft zu vergleichen? Keiner der beobachteten Indices ist direkt zu verwenden, weil sie alle durch die Dispersion beeinflusst sind. Einen von der Dispersion freien Brechungsindex wird man erhalten, wenn man den Index für einen Strahl von unendlich großer Wellenlänge sucht. Ein solcher Index, welchen man den wahren Refraktionskoeffizienten nennen dürfte, läßt sich für jede Substanz aus den beobachteten Brechungsindices ableiten. Von den hierfür aufgestellten Formeln ist die von Cauchy <sup>1)</sup>

$$\mu\lambda = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots$$

die einfachste.

Gesetzt, man habe für 3 Strahlen mit den Wellenlängen  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  die Brechungsquotienten  $\mu\lambda_1, \mu\lambda_2, \mu\lambda_3$  beobachtet, so kann man nach Cauchy setzen:

$$\mu\lambda_1 = A + \frac{B}{\lambda_1^2} + \frac{C}{\lambda_1^4}$$

$$\mu\lambda_2 = A + \frac{B}{\lambda_2^2} + \frac{C}{\lambda_2^4}$$

$$\mu\lambda_3 = A + \frac{B}{\lambda_3^2} + \frac{C}{\lambda_3^4}$$

Aus diesen Gleichungen kann man die Werthe A, B, C berechnen und der Werth A stellt den gesuchten Brechungsindex, für einen Strahl von unendlich großer Wellenlänge dar.

Bei schwächer brechenden Substanzen genügen schon 2 Glieder in der Cauchy'schen Formel, so daß der Brechungsindex durch die Gleichung

$$\mu\lambda = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

ausgedrückt wird, in welcher A als der Refraktions- und B als der Dispensionskoeffizient zu bezeichnen ist.

1) Willner, Lehrb. der Experimentalphys. 2 S. 100.

Mit Hülfe dieser Formel lassen sich aus den beobachteten Brechungsponenten für 2 Strahlen verschiedener Wellenlänge die Konstanten A und B für eine Substanz von mäßig großer brechender Kraft, wie z. B. noch für das Benzol mit genügender Annäherung berechnen:

$$\mu\lambda_1 = A + \frac{B}{\lambda_1^2} \quad \text{und} \quad \mu\lambda_2 = A + \frac{B}{\lambda_2^2}$$

woraus sich ergibt:

$$A = \mu\lambda_1 - \frac{B}{\lambda_1^2} \quad \text{und} \quad B = \frac{\mu\lambda_2 - \mu\lambda_1}{\frac{1}{\lambda_2^2} - \frac{1}{\lambda_1^2}}$$

In der Regel wurden die Brechungsindices für den rothen Strahl  $\mu_\alpha$  und den violetten  $\mu_\gamma$  des Wasserstoffspektrums zur Berechnung von A und B benutzt, zuweilen auch, wegen starker Absorption des violetten Theils des Spektrums anstatt  $\mu_\gamma$  der Brechungsindex  $\mu_\beta$  für den grünen Streifen des Wasserstofflichtes.

Als Wellenlänge der Strahlen in Zehntausendtheilen des Millimeters wurden die Mittelwerthe der bisher bekannten Bestimmungen genommen:

|                                 |                          |
|---------------------------------|--------------------------|
| rothe Wasserstofflinie . . .    | $\lambda_\alpha = 6,567$ |
| gelbe Natriumlinie . . .        | $\lambda_D = 5,893$      |
| grüne Wasserstofflinie . . .    | $\lambda_\beta = 4,862$  |
| violette Wasserstofflinie . . . | $\lambda_\gamma = 4,343$ |

Der Refraktionskoeffizient A ist also der Werth, welcher in die Formel  $\frac{n-1}{d}$  als der von der Dispersion unabhängige

Theil des Brechungsindex für n eingeführt werden muß. Es stellte sich nun heraus, daß bei schwach brechenden Körpern dieselben Gesetzmäßigkeiten, welche sich durch Anwendung der

Formel  $P \frac{A-1}{d}$  ergeben, auch noch in gleicher Weise erkenn-

bar sind, wenn anstatt des Refraktionskoeffizienten A der Brechungsindex für einen Lichtstrahl großer Wellenlänge und zwar für den rothen Strahl des Wasserstoffs,  $\mu_\alpha$ , eingesetzt wird. Bei Mitteln von größerem Brechungsvermögen treten diese Gesetzmäßigkeiten dagegen erst bei Anwendung der Konstante A mit voller Klarheit hervor.



Indessen zeigte sich bald, daß für eine bedeutende Anzahl stark zerstreuer Substanzen die einfache Cauchy'sche Formel nicht mehr ausreicht und daß wie der rohe Brechungsindex  $\mu_\alpha$ , so auch der aus 2 Indices abgeleitete Refraktionskoeffizient nicht mehr von der Dispersion unabhängig genug ist, um als wahrer Brechungsindex in der Formel  $P \frac{n-1}{d}$  eingeführt werden zu können.

Es war Brühl bis jetzt nicht möglich, die Rechnungen mit einer genaueren Formel durchzuführen und beschränkt er sich daher vor der Hand auf die Mittheilung desjenigen Materials, bei welchem die Cauchy'sche Formel mit 2 Konstanten für ausreichend befunden wurde. <sup>1)</sup>

Bezüglich der von Brühl gewonnenen Resultate verweisen wir zunächst auf die auf folgender Seite abgedruckte Tabelle 1. Dieselbe giebt für die untersuchten Substanzen unter Kol. I das bei 20° gefundene, auf Wasser von 4° C. bezogene und auf den leeren Raum bezogene spezifische Gewicht  $d_4^{20}$ , unter Kol. II den unmittelbar aus dem beobachteten Brechungsindices nach der Cauchy'schen Formel (S. 299) abgeleiteten Refraktionskoeffizienten A, unter Kol. III den mittelst derselben Formel abgeleiteten Dispensionskoeffizienten B, unter Kol. IV die mit Benutzung des Refraktionskoeffizienten A sich ergebende Molekularrefraktion  $P \frac{A-1}{d_4^{20}}$  und unter Kol. V das aus der empirischen Formel berechnete „theoretische“ Refraktionsäquivalent  $R_A$ .

Die Tabelle 1 läßt den Einfluß der doppelten Bindung der Kohlenstoffatome auf die physikalischen Konstanten erkennen,

1) Eine Prüfung auf die Genauigkeit der Dispersionsformel geschieht in der Weise, daß mit Hilfe zweier beobachteten Brechungsindices, z. B.  $\mu_\alpha$  und  $\mu_\gamma$ , A und B ermittelt und diese Konstanten dann zur Berechnung der Indices für das grüne Wasserstofflicht  $\mu_\beta$  und das Natriumlicht  $\mu_D$  benutzt werden:

$$\mu_\beta = A + \frac{B}{\lambda_\beta^2} \quad ; \quad \mu_D = A + \frac{B}{\lambda_D^2} .$$

Die berechneten Werthe für die Indices müssen übereinstimmen mit den experimentell gefundenen, wenn die Formel für das Zerstreungsvermögen der betreffenden Substanz für ausreichend erachtet werden soll.

Tabelle 1.

|                            |                               | I          | II      | III     | IV                             | V     |
|----------------------------|-------------------------------|------------|---------|---------|--------------------------------|-------|
|                            |                               | $d_4^{20}$ | A       | B       | $P \cdot \frac{A-1}{d_4^{20}}$ | $R_A$ |
| Propylalkohol . . . . .    | $C_3H_8O$                     | 0,8044     | 1,37542 | 0,34630 | 28,00                          | 27,80 |
| Allylalkohol . . . . .     | $C_3H_6O$                     | 0,8540     | 1,39881 | 0,50453 | 27,09                          | 25,22 |
| Propylaldehyd . . . . .    | $C_3H_6O$                     | 0,8066     | 1,35344 | 0,35065 | 25,42                          | 25,22 |
| Acrolein . . . . .         | $C_3H_4O$                     | 0,8410     | 1,38010 | 0,69427 | 25,31                          | 22,64 |
| Propyläthyläther . . . . . | $C_3H_7 \cdot O \cdot C_2H_5$ | 0,7386     | 1,35975 | 0,33758 | 42,86                          | 42,67 |
| Allyläthyläther . . . . .  | $C_3H_5 \cdot O \cdot C_2H_5$ | 0,7651     | 1,37547 | 0,43882 | 42,20                          | 40,10 |
| Propylacetat . . . . .     | $C_3H_7(C_2H_3O_2)$           | 0,8856     | 1,37427 | 0,34832 | 43,11                          | 43,00 |
| Allylacetat . . . . .      | $C_3H_5(C_2H_3O_2)$           | 0,9276     | 1,39151 | 0,45458 | 42,21                          | 40,42 |
| Propylchlorid . . . . .    | $C_3H_7Cl$                    | 0,8898     | 1,37813 | 0,36474 | 33,36                          | 33,14 |
| Allylchlorid . . . . .     | $C_3H_5Cl$                    | 0,9379     | 1,40007 | 0,53369 | 32,63                          | 30,56 |
| Isobuttersäure . . . . .   | $C_4H_8O_2$                   | 0,9490     | 1,38259 | 0,35971 | 35,48                          | 35,56 |
| Metacrylsäure . . . . .    | $C_4H_6O_2$                   | 1,0153     | 1,41400 | 0,61013 | 35,07                          | 32,98 |
| Amylen . . . . .           | $C_5H_{10}$                   | 0,6476     | 1,36352 | 0,42173 | 39,29                          | 37,20 |
| Balerylen . . . . .        | $C_5H_8$                      | 0,6786     | 1,38565 | 0,51660 | 38,65                          | 34,62 |
| Hexan . . . . .            | $C_6H_{14}$                   | 0,6603     | 1,36538 | 0,34462 | 47,59                          | 47,22 |
| Diallyl . . . . .          | $C_6H_{10}$                   | 0,6880     | 1,38589 | 0,52733 | 45,99                          | 42,06 |
| Benzol . . . . .           | $C_6H_6$                      | 0,8799     | 1,47562 | 0,90816 | 42,16                          | 36,90 |
| Triäthylamin . . . . .     | $C_6H_{15}N$                  | 0,7277     | 1,38803 | 0,43179 | 53,86                          | 53,86 |
| Anilin . . . . .           | $C_6H_7N$                     | 1,0216     | 1,54741 | 1,38319 | 49,83                          | 43,54 |

da zwischen zwei Horizontallinien unter eine gesättigte Verbindung immer eine ungesättigte gestellt ist, die sich von jener nur durch einen Mindergehalt an Wasserstoffatomen, bedingt durch das Vorhandensein von in mehrfacher Bindung stehenden Kohlenstoffatomen, unterscheidet.

Die Vertikalkolumne I, welche das specifische Gewicht  $d_4^{20}$  enthält, zeigt, daß die Dichte des Methylalkohols um 0,0496 größer ist als die des Propylalkohols. Allgemein wächst, wie die Zahlen jener Kolumne erkennen lassen, wenn einer Verbindung zwei Wasserstoffatome entzogen werden, so daß eine doppelte Bindung eines Kohlenstoffatompaars entsteht, das specifische Gewicht des Produktes und zwar im Mittel um ungefähr 0,04. Die Verdichtung ist jedoch eine viel erheblichere, wenn der Austritt von Wasserstoffatomen eine ringförmige Schließung des Moleküls bewirkt, wie ein Vergleich der für Hexan und Benzol, so wie der für Triäthylamin und Anilin angegebenen Dichten zeigt.

Ebenso werden durch den Austritt zweier Wasserstoffatome, welcher doppelte Verkettung eines Kohlenstoffatompaars bewirkt, die Indices erhöht und tritt dies insbesondere bei Vergleichung der Werthe des Cauchy'schen Refraktionskoeffizienten A (Kol. II) hervor. Letzterer wächst beim Uebergange einer einfachen Bindung in eine doppelte im Mittel um 0,02.

Der Dispersionskoeffizient B (Kol. III) wächst ebenfalls durch die doppelte Bindung ganz ausnahmslos, indessen ist hier die Zunahme weniger regelmäßig als bei den vorher besprochenen Konstanten. Merkwürdig ist die außerordentlich große Dispersion der Benzolderivate. Sie beträgt bei dem Benzol selbst fast das Dreifache des Werthes vom Hexan. Beim Anilin erreicht der Dispersionskoeffizient B nahezu den Werth des Refraktionskoeffizienten A. Es scheint demnach, daß die ringförmige Schließung der Atomkette, mit welcher eine so bedeutende Erhöhung der Dichte und der Brechungsindices verbunden ist, einen ganz besonders großen Einfluß ausübt auf das Vermögen der Körper das Licht zu zerstreuen.

Insbesondere ergiebt das auf chemisch vergleichbare Quantitäten bezogene specifische Brechungsvermögen der Substanzen,

die Molekularrefraktion  $P \cdot \frac{A-1}{d_4^{20}}$ , Zahlenwerthe, in denen

sich die Beziehungen zwischen einer physikalischen Eigenschaft und der chemischen Zusammensetzung der Stoffe mit vollkommener Klarheit abspiegeln.

In Kol. IV der Tabelle 1 findet sich der Cauchy'sche Refraktionskoeffizient  $P \frac{A-1}{d_4^{20}}$ , in Kol. V das Refraktionsäquivalent  $R_A$  der Substanzen angegeben, welches sich aus ihrer empirischen Zusammensetzung durch Addition des specifischen Brechungsvermögens der Atome ergibt:

$$R_A = r_A C_x + r'_A H_y + r''_A O_z + \dots$$

wo  $r_A$ ,  $r'_A$ ,  $r''_A$  die Atomrefraktion des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs und  $C_x$ ,  $H_y$ ,  $O_z$  die Anzahl der im Molekül vorhandenen Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoffatome bedeuten.

Zu diesen Berechnungen des „theoretischen“ Refraktionsäquivalentes sind die von Landolt <sup>1)</sup> angegebenen Konstanten für die Atomrefraktion des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs benutzt worden; die Werthe für Chlor und Brom wurden von Hagen <sup>2)</sup>, die für den Stickstoff von Brühl ermittelt. Selbstverständlich muß die für Licht von unendlich großer Wellenlänge sich ergebende Atomrefraktion der Elemente einen etwas anderen Werth erlangen, als die oben angegebene, von Landolt für das rothe Wasserstofflicht ermittelte (für C = 5,0, für H = 1,3, für O = 3,0, siehe oben S. 295). Die hier in Rechnung gezogenen Konstanten sind folgende:

|       | Atomrefraktion für Licht von unendlich großer Wellenlänge $r_A$ |       |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-------|
| für C | . . . . .                                                       | 4,86  |
| " H   | . . . . .                                                       | 1,29  |
| " O   | . . . . .                                                       | 2,90  |
| " Cl  | . . . . .                                                       | 9,53  |
| " Br  | . . . . .                                                       | 14,75 |
| " N   | . . . . .                                                       | 5,35  |

In Tabelle 1 unterscheiden sich die zwischen zwei Horizontallinien verzeichneten Körper von einander betreffs ihrer empirischen Zusammensetzung nur durch eine Differenz von  $H_2$  oder  $x H_2$ . So findet man denn auch in Kol. V immer Werthe

1) Pogg. Ann. Bd. 123 S. 595.

2) Pogg. Ann. Bd. 131 S. 117.

für  $R_A$ , welche innerhalb einer Horizontalabtheilung um 2,1,29 = 2,58 oder x. 2,58 differieren.

Wenn das Gesetz, daß nur die procentische Zusammensetzung der Körper, nicht auch die Gruppierung ihrer Atome auf die Molekularrefraktion von Einfluß ist, von allgemeiner Gültigkeit wäre, so müßten die experimentell gefundenen Zahlen

für  $P \frac{A-1}{d_4^{20}}$  mit den aus der empirischen Formel berechneten  $R_A$  übereinstimmen. Dies ist in der That bei den sogenannten gesättigten Verbindungen (Propylalkohol, Propyläthyläther u. s. w.) der Fall, für welche die Differenz zwischen den Zahlen in Kol. IV und V eine verschwindend kleine, (0,2) die Grenzen der Beobachtungsfehler nicht überschreitende ist. Für solche Körper aus Tabelle 1 aber, in welchen eine doppelte Bindung von Kohlenstoffatomen angenommen wird (Allylalkohol, Acrolein, Allyläther u. s. w.) ist jene Differenz wesentlich größer und beträgt im Mittel etwa + 2,1. Brühl stellt daher den Satz auf:

Die Molekularrefraktion der Körper, in welchen „eine“ Kohlenstoffdoppelbindung angenommen wird, ist größer als die Summe des specifischen Brechungsvermögens der konstituierenden Atome und zwar im Mittel um 2,1 Einheiten für den Refraktionskoeffizienten A und um 2,4 für den Brechungsindex *u. a.* Oder in mathematischer Form

$$M_A = P \frac{A-1}{d_4^{20}} = R_A + 2,1.$$

Ein Vergleich der für das Valerylen und für das Amylen in obiger Tabelle unter Kol. IV und V sich ergebenden Werthe führt Brühl zu dem folgenden Satze:

Der Ueberschuß der thatsächlichen Molekularrefraktion über den aus der Summe der Atome berechneten Werth bei Körpern, in welchen zwei Kohlenstoffdoppelbindungen enthalten sind, ist zweimal so groß als der Ueberschuß bei Substanzen, in welchen eine solche Doppelbindung vorkommt; er beträgt ungefähr 4 Einheiten für den Refraktionskoeffizienten A.

Von Körpern mit 3 in doppelter Bindung stehenden Kohlenstoffpaaren sind in obiger Tabelle nur das Benzol und das Anilin aufgeführt, für welche sich die Differenzen der Zahlen in Kol. IV und V resp. = 5,3 und 6,3 ergaben. Für zahl-

reiche, von Brühl untersuchte Benzolderivate ergibt sich aber diese Differenz im Mittel  $= 6,0 = 3 \cdot 2$  und findet daher Brühl die allgemeine Bestätigung des folgenden Gesetzes:

Ein Ueberschuß der wirklichen Molekularrefraktion der Körper über den aus der chemischen Formel ermittelten Werth ist proportional der Anzahl der in der Substanz enthaltenen Kohlenstoffdoppelverbindungen und beträgt, wenn  $z$  solcher vorhanden sind,  $z \cdot 2$  für den von der Wellenlänge unabhängigen Theil des Spektrums und  $z \cdot 2,4$  bezogen auf den Index des Wasserstofflichtes.

Hiernach besitzen also zwar die einwerthigen Grundstoffe, deren Verbindungsvermögen stets voll verbraucht wird, eine konstante Atomrefraktion, dagegen ist die Atomrefraktion des Kohlenstoffs nicht unveränderlich, sondern variiert, jenachdem eine oder mehrere seiner Valenzen zur Bindung eines benachbarten Atoms benutzt werden. Dem Kohlenstoffskellet  $C-C$  kommt in den gesättigten Verbindungen das Refraktionsäquivalent  $R_A = 2 \cdot 4,86 = 9,72$  zu. Durch die nochmalige Bindung dieser beiden Atome steigt das molekulare Brechungsvermögen:  $M_A = R_A + 2$ . Das Refraktionsäquivalent der Gruppe  $C=C$  ist daher  $9,72 + 2 = 11,72$ . An der Erhöhung des molekularen Brechungsvermögens nehmen beide Atome in gleicher Weise Theil, es ist daher die Atomrefraktion eines doppelt gebundenen Kohlenstoffatoms

$$r_A C'' = \frac{11,72}{2} = 5,86.$$

Es lag hiernach nahe, nun auch nach dem Einfluß zu fragen, welchen das Vorhandensein eines in dreifacher Bindung befindlichen Kohlenstoffatompaares auf das Refraktionsäquivalent der Verbindung ausübt. Eine solche dreifache Bindung wird allgemein in den Propargylverbindungen, wie überhaupt in allen dem Acetylen chemisch gleichartigen Substanzen angenommen. Brühl fand

|                         |             | $P \frac{A-1}{d_4^{20}}$ | $R_A$ | Diff. |
|-------------------------|-------------|--------------------------|-------|-------|
| für Propargylalkohol    | $C_3H_4O$   | 24,0                     | 22,6  | + 2,0 |
| für Propargyläthyläther | $C_5H_8O$   | 39,5                     | 37,5  | 1,4   |
| für Propargylacetat     | $C_5H_6O_2$ | 39,7                     | 37,8  | 1,9   |
| Mittel                  |             |                          |       | 1,8   |

Die Differenzen zwischen der beobachteten und der berechneten Molekularrefraktion erreichen sonach im Durchschnitt nur den Werth 1,8, also noch nicht ganz den Werth, welcher als das Refraktionsäquivalent der doppelten Bindung des Kohlenstoffatoms (2,0) gefunden wurde.

Das ist überraschend, da man wohl hätte erwarten mögen, daß das Vorhandensein der Gruppe  $C \equiv C$  eine größere Erhöhung der Molekularrefraktion bedinge, als das der Gruppe  $C = C$ . Brühl will es daher dahin gestellt sein lassen, ob in den acetylenartigen Verbindungen wirklich ein in dreifacher Bindung befindliches Kohlenstoffatompaar sich vorfinde und deu-

CH<sub>2</sub>  
tet an, daß die Annahme der Konstitutionsformel  $\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ HC = HC \end{array}$

für den Propargylwasserstoff dem optischen Verhalten der Propargylabkömmlinge besser entsprechen würde, daß es indessen zur Entscheidung der Frage über die Konstitution dieser Verbindungen noch weiteren Beobachtungsmaterials bedürfe.

Nimmt man in den Acetylderivaten die dreifache Bindung eines Kohlenstoffatompaars an, so würde sich für das molekulare Brechungsvermögen des letzteren folgender Werth ergeben:

$$M_A = R_A + 1,8 = 2 \cdot 4,86 + 1,8 = 11,52$$

und die Atomrefraktion eines in dreifacher Bindung befindlichen Kohlenstoffatoms würde sich  $= \frac{11,52}{2} = 5,76$  ergeben.

Nachdem festgestellt worden war, daß der Kohlenstoff, je nach der Beanspruchung seiner Valenz, verschiedene Atomrefraktion besitzt, war es wahrscheinlich, daß sich andere polyvalente Grundstoffe analog verhalten. In dieser Beziehung liegen bereits einige Beobachtungen von Gladstone<sup>1)</sup> vor, welcher nachwies, daß Chrom, Eisen und Mangan in ihren verschiedenen Oxydationsstufen nicht die gleiche Atomrefraktion besitzen. Brühl hat diese wichtige Frage an dem Sauerstoff eingehend geprüft und es zeigte sich in der That, daß auch diesem Element je nach seiner Bindungsweise in den organischen Körpern, zwei verschiedene Werthe für das atomistische Brechungsvermögen zukommen.

1) Lond. Roy. Soc. Proc. 1870 p. 9.

Die Atomrefraktion des Sauerstoffs (bezogen auf den Brechungsindex  $\mu_a$ ) bestimmte Landolt<sup>1)</sup> auf zweierlei Weise: erstens, indem er die beobachtete Molekularrefraktion einer Anzahl C-, H- und O-haltiger Substanzen, welche sich nur in ihrem Sauerstoffgehalt unterscheiden, verglich:

|                 |                | $P \frac{\mu'_a - 1}{d}$ | Differenz. |
|-----------------|----------------|--------------------------|------------|
| Essigsäure      | $C_2H_4O_2$    | 21,11                    | } 2,53     |
| Aldehyd         | $C_2H_4O$      | 18,58                    |            |
| Propionsäure    | $C_3H_6O_2$    | 28,57                    | } 2,45     |
| Aceton          | $C_3H_6O$      | 26,12                    |            |
| Valeriansäure   | $C_5H_{10}O_2$ | 44,05                    | } 2,51     |
| Valeral         | $C_5H_{10}O$   | 41,54                    |            |
| Aethylenalkohol | $C_2H_6O_2$    | 23,77                    | } 3,07     |
| Aethylalkohol   | $C_2H_6O$      | 20,70                    |            |
| Milchsäure      | $C_3H_6O_3$    | 31,81                    | } 3,24.    |
| Propionsäure    | $C_3H_6O_2$    | 28,57                    |            |

Das Mittel der Differenzen beträgt 2,76. — Dieser Zahlenwerth stellt offenbar die Atomrefraktion des Sauerstoffs im Hydroxyl dar, d. h. des mit zwei Atomen verbundenen Sauerstoffs.

Den andern Weg, auf welchem Landolt die Atomrefraktion dieses Elements ermittelte, beschreibt er in folgender Weise:

Aus den Betrachtungen über homologe Reihen hat sich ergeben, daß der Zusammensetzungs-differenz  $nCH_2$  ein mittlerer Unterschied von  $n$  7,60 im Refraktionsäquivalent entspricht. Zieht man von den Refraktionsäquivalenten der Säuren  $C_nH_{2n}O_2 = nCH_2 + O_2$  die Werthe für  $nCH_2$  ab, so bleibt als Rest für  $O_2$  im Mittel die Zahl 6,00, also  $O = 3,00$ .

Dieser letztere Werth ist von Landolt als das Refraktionsäquivalent des Sauerstoffs angenommen worden. — Es ist indessen augenscheinlich, daß diese zweite Bestimmungsmethode nur einen Durchschnittswerth für die Atomrefraktion dieses Elements in seinen beiden Bindungsformen liefern kann.

Um festzustellen, ob das Sauerstoffatom verschiedenes Brechungsvermögen besitzt, je nachdem es mit beiden Valenzen an

1) Pogg. Ann. Bd. 123, S. 595.



ein und dasselbe, oder mit jeder Affinität an ein besonderes Atom gebunden ist, hat Brühl folgenden Weg eingeschlagen:

Das Refraktionsäquivalent des Inkrements  $\text{CH}_2$  ist, wie erwähnt, von Landolt zu 7,6 bestimmt worden und zwar als Mittel sehr zahlreicher Beobachtungen der Molekularrefraktion von Körpern aus den homologen Reihen der Alkohole, Säuren und zusammengesetzten Aether. Indem man nun, mit Benutzung dieses Werthes, von der Molekularrefraktion der nach der allgemeinen Formel  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O} = n\text{CH}_2 + \text{O}$  zusammengesetzten Aldehyde und Ketone das Refraktionsäquivalent des mit Sauerstoff vereinigten Restes:  $n\text{CH}_2 = n \cdot 7,6$ , abzieht, erhält man direkt die Atomrefraktion des an ein Kohlenstoffatom doppelt gebundenen — also des Sauerstoffatoms in der Gruppe  $\text{C}=\text{O}$ . Auf diese Weise ergeben sich folgende Zahlenwerthe:

|                     |                                   | $P \frac{\mu_a - 1}{d_4^{20}}$ | Differenz. |
|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------|
| Acetaldehyd         | $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$    | 18,62                          | } 3,41     |
| 2 $(\text{CH}_2) =$ | $\text{C}_2\text{H}_4$            | 15,20                          |            |
| Propylaldehyd       | $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$    | 26,00                          | } 3,20     |
| 3 $(\text{CH}_2) =$ | $\text{C}_3\text{H}_6$            | 22,80                          |            |
| Aceton              | $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$    | 26,16                          | } 3,36     |
| 3 $(\text{CH}_2) =$ | $\text{C}_3\text{H}_6$            | 22,80                          |            |
| Butylaldehyd        | $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$    | 33,68                          | } 3,28     |
| 4 $(\text{CH}_2) =$ | $\text{C}_4\text{H}_8$            | 30,40                          |            |
| Isobutylaldehyd     | $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$    | 33,64                          | } 3,24     |
| 4 $(\text{CH}_2) =$ | $\text{C}_4\text{H}_8$            | 30,40                          |            |
| Valeral             | $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ | 41,60                          | } 3,60     |
| 5 $(\text{CH}_2) =$ | $\text{C}_5\text{H}_{10}$         | 38,00                          |            |
| Denanthol           | $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}$ | 56,82                          | } 3,62.    |
| 7 $(\text{CH}_2) =$ | $\text{C}_7\text{H}_{14}$         | 53,20                          |            |

Das Mittel der Differenzen beträgt 3,4. Das an Kohlenstoff gebundene Sauerstoffatom besitzt also im Mittel die Atomrefraktion 3,4, bezogen auf den Brechungsindex  $\mu_a$ .

Diesem Durchschnittswerthe sehr nahe kommende Zahlen erhält man auch, wenn von den halogensubstituierten Aldehyden, oder von den Acichloriden das Refraktionsäquivalent des mit dem Sauerstoff vereinigten Restes subtrahiert wird.

Die Atomrefraktion des in der Hydroxylgruppe enthaltenen Sauerstoffs ergibt sich, wenn die Molekularrefraktion der Aldehyde von derjenigen der entsprechenden Säuren, oder der Alkohole von den Glycolen, der Säuren von den Oxysäuren abgezogen wird (siehe oben S. 308). Brühl fand das Mittel der Differenzen = 2,75.

Zu fast genau derselben Atomrefraktion für den Hydroxylsauerstoff gelangt man, wenn von den zusammengesetzten Aethern  $C_nH_{2n}O_2 = nCH_2 + O_2$  die im vorhergehenden ermittelte Atomrefraktion des doppelt gebundenen Sauerstoffs  $+ nCH_2$  abgezogen wird, also  $nCH_2 + O_2 - (nCH_2 + 3,4)$ , z. B.

|                |                |                                     |            |
|----------------|----------------|-------------------------------------|------------|
|                |                | $P \frac{\mu_\alpha - 1}{d_4^{20}}$ | Differenz. |
| Methylvalerat  | $C_6H_{12}O_2$ | 51,80                               | }          |
| $6 CH_2 + 3,4$ |                | 49,00                               |            |
|                |                |                                     | 2,80       |

Das Mittel der Differenzen, welche zahlreiche Bestimmungen ergaben, beträgt 2,80, was also mit dem vorher ermittelten Werth (2,75) für das mit zwei Atomen verbundene Sauerstoffatom sehr gut übereinstimmt.

Es ist nicht zu verkennen, daß die hier befolgte Methode der Ermittlung der Atomrefraktion, wenn auch principiell die richtigste, doch ebenfalls keine vollkommen genauen Zahlen liefern kann, da leider der ganze Versuchsfehler bei Bestimmung der Molekularrefraktion sich auf den Werth der Atomrefraktion überträgt. — Indessen kann doch das Resultat jenes zahlreichen Beobachtungsmaterials als unzweifelhaft hingestellt werden: daß nämlich der Sauerstoff zwei verschiedene Atomrefraktionen besitzt, und zwar sind die im vorhergehenden ermittelten Werthe jedenfalls als der Wahrheit sehr nahe kommend zu bezeichnen, also:

Die Atomrefraktion des an Kohlenstoff doppelt gebundenen Sauerstoffs ist  $r_{\alpha O''} = 3,4$ , des im Hydroxyl enthaltenen, oder allgemein, des an zwei Atome gebundenen  $r_{\alpha O'} = 2,8$ . Für den Strahl unendlich großer Wellenlänge,  $A$ , ergeben sich auf demselben Wege die entsprechenden Werthe

$$r_{A O''} = 3,29$$

$$r_{A O'} = 2,71.$$

Benutzt man den für die Atomrefraktion  $r_\alpha$  des einfach gebundenen Sauerstoffatoms ermittelten Werth 2,8 zur Bestim-

mung des specifischen Brechungsvermögens des Wasserstoffatoms, indem man die Alkohole der Reihe  $C_nH_{2n+2}O' = nCH_2 + H_2 + O'$  hierzu verwendet und demnach setzt:  $H_2 = (nCH_2 + H_2 + O') - (nCH_2 + O')$ , so ergibt sich, mit Zugrundelegung der Landolt'schen Beobachtungen der Alkohole der Fettreihe für  $r_{\alpha}H_2 = 2,8$ , also für  $r_{\alpha}H = 1,4$ .

Durch Vergleich von C-, H- und O-haltigen Substanzen, welche sich in ihrer Zusammensetzung nur um  $H_2$  unterscheiden, erhielt Landolt als mittleren Werth für  $r_{\alpha}H = 1,2$ . Da bei so kleinen Zahlen die Versuchsfehler sehr in Betracht kommen, so ist es jedenfalls geboten ein möglichst reichhaltiges Beobachtungsmaterial zu solchen Bestimmungen zu benutzen.

Auf den beiden verschiedenen Wegen wurde also für die Atomrefraktion des Wasserstoffs gefunden:

1.  $r_{\alpha}H = 1,4$
2.  $r_{\alpha}H = 1,2$ .

Der mittlere Werth 1,3 wird daher der wahren Atomrefraktion des Wasserstoffs sich am meisten nähern. Es ist dieselbe Zahl, welche Landolt als Atomrefraktion des Wasserstoffs bezeichnete.

Auf dieselbe Weise ergibt sich

$$r_{\alpha}H = 1,29.$$

Die Atomrefraktion  $r_{\alpha}$  des Kohlenstoffs in den sogenannten gesättigten Körpern bestimmte derselbe Forscher durch Vergleich solcher C-, H- und O-haltiger Substanzen, welche sich in ihrer Zusammensetzung nur um ein Kohlenstoffatom unterscheiden. Er erhielt auf diese Weise den Werth:

$$r_{\alpha}C = 4,75 \text{ bis } 5,43, \text{ Mittel: } 5,09.$$

Die Differenz  $CH_2 - H_2 = 7,6 - 2,6 = 5$  ergibt für die Atomrefraktion des Kohlenstoffs fast genau denselben Werth, während sich aus den Beobachtungen Schrauf's für den Brechungsindex und die Dichte des Diamanten die Zahl 4,85 ergibt. Das Mittel dieser drei Werthe

$$5,09$$

$$5,00$$

$$4,85$$

beträgt 4,98. Es kann daher 5 als ein der wahren Atomrefraktion des Kohlenstoffs  $r_{\alpha}C'$  jedenfalls sehr nahe kommender Werth bezeichnet werden.

Bezogen auf den von der Wellenlänge unabhängigen Refraktionskoeffizienten ergibt sich die Atomrefraktion

$$r_A C' = 4,86.$$

Wenn im vorhergehenden gezeigt wurde, daß der Sauerstoff in den Aldehyden und Ketonen eine höhere Atomrefraktion besitzt als in den Alkoholen, so ist eigentlich hierdurch nur nachgewiesen, daß das Refraktionsäquivalent der Gruppe  $C=O$  größer ist, als jenes der Gruppe  $C-O$  und zwar:

$$r_A C=O = 5 + 3,4 = 8,4$$

$$r_A C-O = 5 + 2,8 = 7,8.$$

Da es ganz unbekannt ist, ob sich an der Erhöhung des Refraktionsäquivalents 7,8 zu 8,4 durch den Uebergang der Gruppe  $C-O$  in  $C=O$  sowohl der Kohlenstoff, als der Sauerstoff, oder nur eines dieser Elemente und in welchem Grade, be-theiligt, so ist es streng genommen nicht möglich, die Atomrefraktion des Sauerstoffs in seinen beiden Verbindungsformen zu ermitteln. Sicher ist nur, daß das Refraktionsäquivalent der Gruppe  $C-O$  durch die Doppelbindung wächst; wahrscheinlich ist, daß sich an diesem Wachsthum beide Atome be-theiligen, aber es bleibt unbekannt, in welchem Verhältnis dies geschieht.

Für den praktischen Zweck ist es jedoch nicht nothwendig zu ermitteln, in welcher Weise die beiden Atome an der Erhöhung der Molekularrefraktion der Verbindungen Theil nehmen, und wenn man die Atomrefraktion des mit Sauerstoff verbundenen Kohlenstoffatoms als unveränderlich,  $r_A C' = 5$  und  $r_A C' = 4,86$ , setzt (was allerdings nur konventionell ist), so ergeben sich die oben angeführten Werthe für das Sauerstoffatom in seinen beiden Bindungsformen. Mit Hilfe dieser Konstanten läßt sich die Molekularrefraktion der sauerstoffhaltigen Verbindungen berechnen und unter Umständen hierdurch nachweisen, in welcher Form der Sauerstoff in einem Körper enthalten ist.

Der Einfluß der Doppelbindung zwischen Sauerstoff und Kohlenstoff auf die Molekularrefraktion der Körper ist indessen ein viel geringerer als zwischen Kohlenstoffatomen allein.

Im letzteren Falle bewirkt jede Doppelbindung eine Erhöhung der Molekularrefraktion um etwa 2,3 Einheiten, im anderen Falle nur um ca. 0,6. Warum gerade die doppelte

Anziehung zwischen Kohlenstoffatomen von so bedeutendem Einfluß auf die Molekularrefraktion der Körper ist, das ist zur Zeit noch nicht erklärbar.

Wie vorher erwähnt wurde, fand Landolt als Refraktionsäquivalent beider in den Fettsäuren enthaltenen Sauerstoffatome zusammengenommen den Werth  $r_{\alpha} O_2 = 6$ . Allein es ist die Atomrefraktion des einzelnen Sauerstoffatoms, wie wir erörterten, von seiner Bindungsweise abhängig.

Wenn indessen, wie in den Säuren, sowohl doppelt, als einfach gebundene Sauerstoffatome in gleicher Anzahl in den Körpern vorkommen, so heben sich die Wirkungen der variablen Atomrefraktion gegenseitig nahezu auf. Die beiden Sauerstoffatome in den Säuren besitzen — nach den vorhergehenden Betrachtungen — zusammen das Refraktionsäquivalent 6,2:

$$\begin{array}{r} r_{\alpha} O'' = 3,4 \\ O' = 2,8 \\ \hline r_{\alpha} O'' + O' = 6,2. \end{array}$$

Dieser Werth unterscheidet sich von dem durch Landolt ermittelten nur so wenig, daß die Differenz:  $6,2 - 6 = 0,2$  noch innerhalb der bei Bestimmung der Molekularrefraktion unvermeidlichen Versuchsfehler liegt.

Die geringe optische Wirkung der zweifachen Anziehung zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff ist demnach die Ursache, daß die Fettsäuren und ihre Ester ein von ihrer Konstitution unabhängiges molekulares Brechungsvermögen besitzen, sich also wie wahre gesättigte Körper verhalten, trotzdem sie in der That, da doppelte Bindungen benachbarter Atome in ihnen vorkommen, zu den ungesättigten gezählt werden müssen.

Aus den im Vorhergehenden angeführten Gründen blieben alle Schlußfolgerungen, welche Brühl in dem ersten Theil dieser Untersuchungen aus dem Vergleich der beobachteten und der berechneten Molekularrefraktion der ungesättigten Körper (mit doppelter Kohlenstoffbindung) gezogen hat und wo für die Atomrefraktion des Sauerstoffs der von Landolt angegebene Durchschnittswerth

$$r_{\alpha} O = 3 \qquad r_A O = 2,9$$

benutzt worden ist, bestehen.

Auch die Atomrefraktion der Halogene wurde von Brühl der Erörterung unterzogen. Es war von Haus aus wenig

wahrscheinlich, daß dieselbe variabel sei; denn da die Valenz einwerthiger Elemente immer ganz in Anspruch genommen wird, so können diese nicht aus denselben Gründen, wie die polyvalenten Grundstoffe ihre Atomrefraktion ändern. Es wäre allerdings denkbar, daß die Atomrefraktion der Halogene durch die Natur der mit ihnen verbundenen Atome oder Atomgruppen verändert werde, indessen die Beobachtungen widersprechen dem. Wenn man die Einführung z. B. eines Chloratoms an verschiedenen Stellen eines und desselben Kohlenwasserstoffs oder an korrespondierenden Stellen isomerer Kohlenwasserstoffe und ihrer Abkömmlinge vornimmt, und die Molekularrefraktion der Produkte vergleicht, so erkennt man aus der nahen Uebereinstimmung der sich ergebenden Zahlen, daß in der That das molekulare Brechungsvermögen und daher auch die Atomrefraktion der Halogene von der Stellung der letzteren im Molekül unabhängig ist.

Die Atomrefraktion der Halogene ist also eine konstante. Die des Chlors ließ sich beispielsweise dadurch ermitteln, daß man von dem durch Beobachtung festgestellten molekularen Brechungsvermögen verschiedener Chlorverbindungen das Refraktionsäquivalent des mit dem Chlor verbundenen Restes abzog, z. B.

|                   |              | $\frac{\mu_\alpha - 1}{d_4^{20}}$ | Differenz.        |
|-------------------|--------------|-----------------------------------|-------------------|
| Aethylenchlorid   | $C_2H_4Cl_2$ | 34,94                             | } 19,74 = 2.9,87. |
|                   | $C_2H_4$     | 15,20                             |                   |
| Aethylidenchlorid | $C_2H_4Cl_2$ | 34,92                             | } 19,72 = 2.9,86. |
|                   | $C_2H_4$     | 15,20                             |                   |

Als Mittel aus zahlreichen Bestimmungen ergab sich das Refraktionsäquivalent des Chlors für den rothen Streifen des Wasserstoffspektrums  $r_\alpha Cl = 9,80$  und für Licht von unendlich großer Wellenlänge  $r_A Cl = 9,53$ . In analoger Weise wurde gefunden:

|          | $r_\alpha$ | $r_A$  |
|----------|------------|--------|
| für Brom | 15,30      | 14,75  |
| = Jod    | 24,90      | 23,55. |

Wir stellen in Folgendem nun die nach den Brühl'schen Erörterungen für Licht von unendlich großer Wellenlänge sich er-

gebende Atomrefraktion der verschiedenen Elemente übersichtlich zusammen <sup>1)</sup>:

|                            | $r_A$ |
|----------------------------|-------|
| für C in einfacher Bindung | 4,86  |
| C in doppelter „           | 5,86  |
| C in dreifacher „          | 5,76  |
| O in einfacher „           | 2,71  |
| O in doppelter „           | 2,29  |
| H                          | 1,29  |
| Cl                         | 9,53  |
| Br                         | 14,75 |
| J                          | 23,55 |
| N in einfacher Bindung     | 5,35  |

Mit Hilfe dieser Werthe läßt sich die Molekularrefraktion  $M_A$  einer Verbindung für den von der Wellenlänge unabhängigen Theil des Spektrums aus der Konstitutionsformel der Verbindung nach folgender Gleichung berechnen:

$$M_A = 4,86 \cdot c' + 5,86 \cdot c'' + 5,76 \cdot c''' + 2,71 \cdot o + 3,29 \cdot o'' + 1,29 h + \dots$$

wo  $c'$  die Anzahl der in einfacher Bindung befindlichen Kohlenstoffatome  
 $c''$  „ „ zweifacher „ „ „ „  
 $c'''$  „ „ dreifacher „ „ „ „  
 $o'$  „ „ einfacher „ „ Sauerstoffatome  
 $o''$  „ „ zweifacher „ „ „ „  
 $h$  „ „ einfacher „ „ Wasserstoffatome

bedeuten.

In der That stimmen die so berechneten Werthe mit den aus dem beobachteten Brechungsindices abgeleiteten Werthen von  $P \frac{A-1}{d_4^{20}}$  sehr gut überein, wie sich aus folgenden Beispielen ergibt

|                 | $P \frac{A-1}{d_4^{20}}$ | $M_A$ | Differenz |
|-----------------|--------------------------|-------|-----------|
| Aethylenchlorid | 34,12                    | 33,94 | + 0,18    |
| Chloral         | 43,06                    | 42,89 | + 0,17    |
| Aethylalkohol   | 20,31                    | 20,17 | + 0,14    |

1) Ueber die bei Zugrundelegung der Lorenz'schen Konstante  $\frac{A^2-1}{(A^2+2)d}$  sich ergebenden Atomrefraktionen, siehe am Schlusse dieser Zusammenstellung.

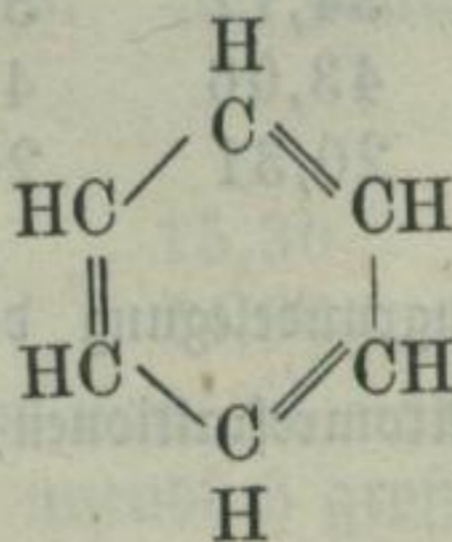
|               | $P \frac{A-1}{d_4^{20}}$ | $M_A$ | Differenz |
|---------------|--------------------------|-------|-----------|
| Propylalkohol | 28,00                    | 27,61 | + 0,39    |
| Buttersäure   | 35,54                    | 35,76 | - 0,22    |
| Aldehyd       | 18,18                    | 18,17 | + 0,11    |
| Hexan         | 47,59                    | 47,22 | + 0,37    |
| Triäthylamin  | 53,86                    | 53,86 | + 0,00    |
| Äthylalkohol  | 27,09                    | 27,03 | + 0,06    |
| Acrolein      | 25,31                    | 25,03 | + 0,28    |
| Diallyl       | 45,99                    | 46,06 | - 0,07    |
| Benzol        | 42,16                    | 42,90 | - 0,74    |
| Phenol        | 45,71                    | 45,61 | + 0,10    |
| Anilin        | 49,83                    | 49,54 | + 0,29    |
| Benzylalkohol | 53,16                    | 53,05 | + 0,11    |
| Mesitylen     | 65,75                    | 65,22 | + 0,53    |

Es liegt auf der Hand, daß man Anhaltspunkte zur Beurtheilung der chemischen Konstitution einer Verbindung von bekanntem Molekulargewicht erlangen kann, wenn man einerseits die aus den beobachteten Brechungsindices sich ergebende Molekularrefraktion ermittelt und dieselbe mit den Werthen vergleicht, welche sich unter Zugrundelegung der verschiedenen möglichen Konstitutionsformeln für  $M_A$  aus der Gleichung

$$M_A = 4,86 \cdot c' + 5,86 \cdot c'' + 5,76 \cdot c''' + 2,71 \cdot o' + \dots$$

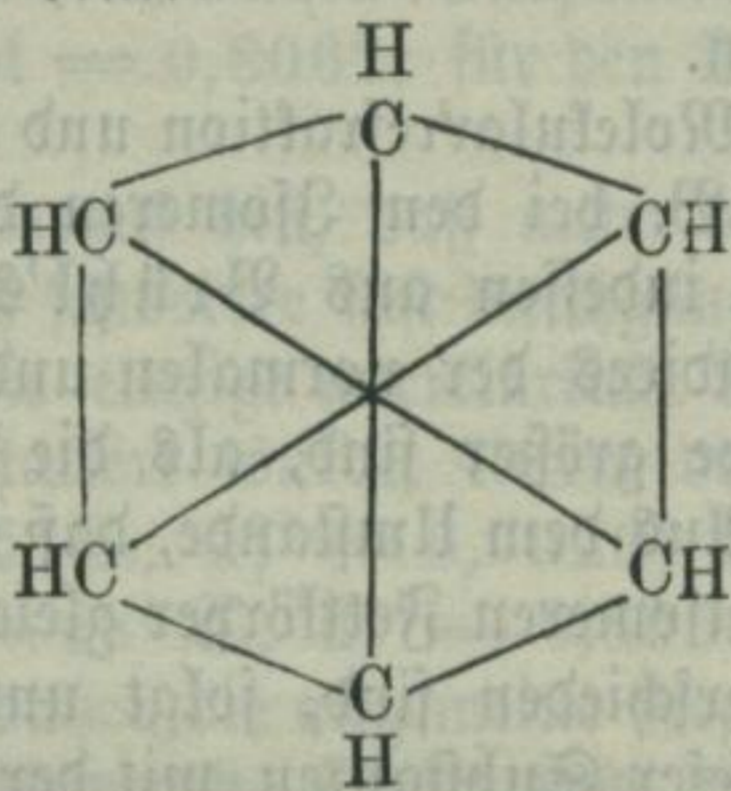
ergeben. Diejenige der möglichen Konstitutionsformeln wird für die wahrscheinlich richtigere zu gelten haben, welche für  $M_A$  den mit  $P \frac{A-1}{d_4^{20}}$  am besten übereinstimmenden Werth ergibt.

Brühl erblickt in dem optischen Verhalten des Benzols eine neue Bestätigung der Richtigkeit der von Kekulé für das Benzol aufgestellten Konstitutionsformel





und findet, daß die Ergebnisse seiner Untersuchungen den Ansichten widersprechen, zu welchen J. Thomsen (Dies. Jahrbuch Bd. 17 S. 301), bezüglich der Konstitution des Benzols, auf Grund seiner Untersuchungen über die Verbrennungswärme desselben gelangte. Nach Thomsen sind die sechs Kohlenstoffatome des Benzols durch neun einfache Bindungen mit einander verknüpft, welche unter andern resultieren würden, wenn man jedes Kohlenstoffatom mit drei andern, z. B. nach folgendem Schema verbunden denkt:



Der Widerspruch, welcher zwischen den Ergebnissen der Brühl'schen und der Thomsen'schen Untersuchungen zu bestehen scheint, würde verschwinden, wenn man annehmen dürfte, daß der Einfluß, welcher auf die Molekularrefraktion einer Verbindung, deren Molekül aus einem geschlossenen Ringe von einfach verbundenen Kohlenstoffatomen besteht, dadurch ausgeübt wird, daß je zwei nicht benachbarte Kohlenstoffatome in gegenseitige Bindung treten, derselbe sei wie derjenige Einfluß, welcher durch den Uebergang einer einfachen Bindung benachbarter Kohlenstoffatome in eine doppelte ausgeübt wird. Brühl<sup>1)</sup> bestreitet die Zulässigkeit dieser Annahme, indem nach seiner Deduktion ein Benzol von der Konstitution, wie sie Thomsen annimmt, die Molekularrefraktion  $R + 8$ , d. h. dieselbe Molekularrefraktion ergeben müßte, wie ein Körper  $C_6H_6$ , in welchem vier doppelte Bindungen der Kohlenstoffatome enthalten sind, während doch das Benzol die Molekularrefraktion  $R + 6$  zeigt. Es wird weiterer Erörterungen bedürfen, um die Ursachen der Nichtübereinstimmung in den Resultaten beider Untersuchungen festzustellen.

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 1302.

Aus dem oben Mitgetheilten geht hervor, daß die Molekularrefraktion nur die Klassifikation der möglichen Isomeriefälle gestattet, insofern diese auf verschiedener Art der Beanspruchung disponibler Valenz (Doppelbindung zwischen Kohlenstoffatomen einerseits oder zwischen Kohlenstoff- oder Sauerstoffatomen andererseits) beruhen; daß hingegen über jene engere Art von Isomerie, welche bei gleicher Beanspruchung der Affinität nur durch verschiedene Gruppierung der Atome bedingt wird, durch Bestimmung der Molekularrefraktion näherer Aufschluß nicht erlangt werden kann.

Während die Molekularrefraktion und das spezifische Brechungsvermögen, z. B. bei den Isomeren der Fettreihe gleich sind, so ergibt sich indessen aus Brühl's<sup>1)</sup> Beobachtungen, daß die Brechungsindices der normalen und primären Verbindungen jener Gruppe größer sind, als die der sekundären und Isoverbindungen. Aus dem Umstande, daß das spezifische Brechungsvermögen der isomeren Fettkörper gleich ist, während ihre Brechungsindices verschieden sind, folgt unmittelbar, daß die Brechungsindices dieser Substanzen mit der Dichte steigen und fallen müssen und zwar in einem solchen Verhältnis, daß die um die Einheit verminderten Brechungsindices oder die brechenden Kräfte den spezifischen Gewichten proportional bleiben. Bei Körpern gleicher empirischer Zusammensetzung, bei welcher die Isomerie nicht auf verschiedener Beanspruchung der Valenz, sondern nur auf einer andern Atomgruppierung beruht, hat also die Anordnung der Atome auf das molekulare und das spezifische Brechungsvermögen keinen wesentlichen Einfluß; die Fortpflanzung des Lichtes hängt hier einfach von der Stoffmenge ab, welche sich in einem gegebenen Raume vorfindet. Je dichter dieser Stoff ist, desto mehr wird der Lichtstrahl von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt.

Da sonach die Dichte der Körper einen wesentlichen Einfluß auf die übrigen physikalischen Eigenschaften ausübt, so hat Brühl auf die Untersuchung der Beziehungen der Dichte zur chemischen Konstitution besondere Sorgfalt verwendet und dabei konstatiert, daß von isomeren Körpern derjenige die größte Dichte besitzt, welcher aus einer ununterbrochenen Kette von Kohlen-

1) Liebig's Ann. Bd. 203 S. 263.]

wasserstoffresten besteht. So ist die Dichte  $d_4^{20}$  der Propionsäure  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} \cdot \text{OH} = 0,9946$  größer als die Dichte des Methylacetats  $\text{CH}_3 \text{CO} \cdot \text{O} \cdot \text{CH}_3 = 0,9030$  und überhaupt die Dichte der Säuren größer als die Dichte der ihnen isomeren Ester, die Dichte der Alkohole größer als die Dichte der ihnen isomeren Aether. Ferner besitzt von isomeren Verbindungen diejenige das größte specifische Gewicht, deren Kohlenstoffskelett sich in einer ununterbrochenen geraden Linie erstreckt. So ist  $d_4^{20}$  für den normalen Butylalkohol  $= 0,8099$ , für den Isobutylalkohol  $= 0,8062$ , für den Trimethylcarbinol  $= 0,7864$ .

Brühl weist darauf hin, daß unter den isomeren Verbindungen die specifisch schwerere fast durchgängig auch den höheren Siedepunkt hat, die einzige unerklärliche Ausnahme von dieser Regel, welche konstatiert wurde, liefert der Vergleich des Acetons (Siedep.  $56,5^\circ \text{C}$ .,  $d_4^{20} = 0,7920$ ) und des Propylaldehyds (Siedep.  $47-48^\circ \text{C}$ .,  $d_4^{20} = 0,8066$ ).

Brühl stellt daher die allgemeine Regel auf, daß bei isomeren Körpern Siedepunkt, Dichte und Brechungsindex einen um so niedrigeren Werth erlangen, je mehr der Bau des Moleküls von einer Richtung abweicht und sich verzweigt, und daß die genannten Konstanten für diejenige Isomere am größten sind, welche eine ununterbrochene Kette von Kohlenwasserstoffresten bildet. Somit giebt auch die Bestimmung dieser Konstanten Mittel an die Hand, die chemische Konstitution der Verbindungen zu beurtheilen und ist dieser Weg insbesondere in denjenigen Fällen einzuschlagen, in welchen aus der Molekularrefraktion ein Schluß auf die Konstitution nicht abzuleiten ist.

Wir wollen nicht unerwähnt lassen, daß H. Schröder<sup>1)</sup> in Karlsruhe einen Parallelismus zwischen den für das specifische Volumen und für die Molekularrefraktion chemischer Verbindungen sich ergebenden Werthen nachgewiesen hat. Wir haben oben (S. 278) des von Schröder aufgestellten Sterengesetzes und der von ihm adoptierten Konstitutionsformeln gedacht, durch welche er die Abhängigkeit des Molekularvolumens von der Zusammensetzung ausgedrückt zu haben glaubt. Ein

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 2513 und 1882 Bd. 15 S. 994.

völlig analoges Gesetz stellt Schröder für das Refraktionsvermögen auf und die Abhängigkeit der Molekularrefraktion von der Zusammensetzung sucht er durch Konstitutionsformeln auszudrücken, welche theils mit den früher aufgestellten ganz übereinstimmen, theils denselben ganz analog gebildet sind.

Nach Schröder ist die Atomrefraktion der Elemente nicht ein konstanter Werth, sondern ein in engen Grenzen veränderlicher und in allen Gruppen mit dem Molekulargewicht wachsender.

Die Atomrefraktionen der einwerthig verketteten Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff sind nach Schröder in jeder einzelnen Verbindung völlig gleich und betragen eine Refraktionsstere; das mit zwei Valenzen an ein Kohlenstoffatom gebundene Sauerstoffatom des Carbonyls CO trägt jedoch 2 Refraktionsstereen bei. Da sich bei Erörterung der Volumverhältnisse dasselbe Gesetz ergeben hatte, so ist — wie Schröder sich ausdrückt — die Refraktionskonstitution und die Volumkonstitution der sogenannten gesättigten Verbindungen durch die nämlichen Formeln ausgedrückt. Die Stereen der Raumerfüllung sollen beim Kochpunkt in engen Grenzen um den Werth 7,0 schwanken (siehe oben a. a. O.). Die Refraktionsstereen für den Strahl von unendlicher Wellenlänge sollen meist innerhalb der Grenzen 2,3 und 2,4 liegen, z. B. bei der Propionsäure 2,33, bei der Buttersäure 2,37 betragen.

Schröder schreibt die Atomzahl rechts unten, die Stereenzahl rechts oben neben das Zeichen des Elementes. Die z. B. für die Propionsäure aufgestellte Formel  $C_3^3H_6^6O_3^3$  soll also besagen (da hier die Summe der Stereenzahlen  $= 3 + 6 + 3 = 12$  ist), daß das Molekularvolumen der Propionsäure einen Werth ergiebt, der nahezu  $= 12 \times 7,0 = 84,0$  (Kopp fand denselben  $= 86 = 12 \times 7,17$ ) und daß die Molekularrefraktion derselben einen Werth repräsentiert, der nahezu  $= 12 \times 2,33 = 28,0$  (Landolt fand dieselbe  $= 28,0$ ).

Die Formeln, welche einerseits die Refraktionserscheinungen, andererseits die Volumverhältnisse zum Ausdruck bringen sollen, sind jedoch nicht mehr identisch für Verbindungen, welche doppelt verkettete Kohlenstoffatome enthalten. Im Benzol z. B. muß Schröder den vorhandenen 6 Kohlenstoffatomen 8 Volumstereen, hingegen 12 Refraktionsstereen zuschreiben, um auf dem

angedeuteten Wege der Rechnung für das Molekularvolumen und für die Molekularrefraktion Werthe zu finden, welche sich den beobachteten annähern. Er sagt daher, dem Benzol komme die Volumkonstitution  $C_6^s H_6^s$  und die Refraktionskonstitution  $C_6^{1,2} H_6^s$  zu. Man muß wohl Anstoß daran nehmen, daß einer Verbindung neben der chemischen Konstitution noch andere zu den verschiedenen physikalischen Eigenschaften in Beziehung stehende Konstitutionen zugeschrieben werden.

Bezüglich der Abhängigkeit des optischen Drehungsvermögens organischer Verbindungen von der Atomanordnung hat van t'Hoff den Satz ausgesprochen: „Die optische Aktivität einer organischen Verbindung sei durch das Vorhandensein eines unsymmetrischen Kohlenstoffatoms bedingt.“ Wir haben bereits früher (Bd. 12 S. 268) die van t'Hoff'sche Hypothese eingehender besprochen. Der weiteren Begründung und dem weiteren Ausbau derselben ist entgegenzusehen. Neuerdings hat Th. Thomsen<sup>1)</sup> Beobachtungen veröffentlicht, aus welchen sich ebenfalls der Nachweis einer Abhängigkeit des Drehungsvermögens von der chemischen Konstitution ableiten lassen soll. Berechnet man aus der gefundenen specifischen Rotation  $[\alpha]$  und dem Molekulargewicht M (welches um kleinere Zahlen zu erhalten durch 100 dividiert wird) das Molekulardrehungsvermögen  $\frac{M [\alpha]}{100}$  verschiedener

Substanzen, so sollen diese Zahlen Multipla einer gemeinsamen Konstante sein, welche entweder den Werth 3,8 (Kohlehydrate, Mannitderivate, Alkaloide) oder 8,4 (Amide) besitzt. Bei anderen hiermit nicht stimmenden Körpern soll endlich die molekulare Drehung durch die Formel  $\frac{M [\alpha]}{100} = n \cdot 8,4 + n' \cdot 3,8$ ,

wo n und n' positiv oder negativ sein können, sich ausdrücken lassen. Th. Thomsen legt hier die specifischen Rotationen zu Grunde, welche sich für unendlich verdünnte Lösungen der aktiven Körper ergeben. Die Faktoren, mit welchen obige Konstanten zu multipliciren sind, um das Molekulardrehungsvermögen der Kohlehydrate, resp. der Amide zu ergeben, soll zu der Anzahl

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880 Bd. 13 S. 2168, 2264, 2266, 2269 und 1881 Bd. 14 S. 29, 134, 158, 203, 807, 1647, 1651, 1654.

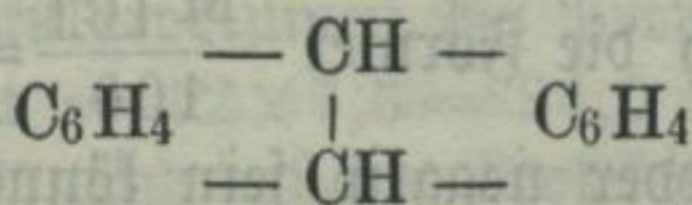
der im Molekül enthaltenen Alkoholhydroxyle resp. zu der Anzahl der an eine Amidgruppe gebundenen Alkoholradikale in Beziehung stehen. Th. Thomsen hofft daher aus den Beobachtungen über das Drehungsvermögen Schlüsse bezüglich der Konstitution verschiedener organischer Substanzen, z. B. der Eiweißkörper ableiten zu können.

Landolt<sup>1)</sup> hat die Thomsen'schen Publikationen einer sehr scharfen Kritik unterworfen. Er bezeichnet es als unzulässig, zur Vergleichung aktiver Körper diejenigen specifischen Drehungen zu wählen, welche der größten Verdünnung entsprechen, weil diese Werthe je nach dem angewendeten Lösungsmittel am stärksten von einander abweichen und sehr erhebliche Differenzen zeigen (z. B. Nicotin, rein  $[\alpha]_D = -161,5$ ; beim Maximum der Verdünnung mit Alkohol  $-138,6$ ; mit Wasser  $-74,1$ ). Uebrigens hält Landolt das von Thomsen verwendete Beobachtungsmaterial für unzureichend, um allgemein Schlüsse aus demselben ableiten zu können. Wir glauben uns bei dem gegenwärtigen Stande der Frage auf die hier gegebenen kurzen Mittheilungen beschränken zu sollen.

Die Fluorescenz der Anthracenderivate als eine mit deren Konstitution in gesetzmäßigem Zusammenhange stehende Erscheinung darzustellen hat neuerdings E. Liebermann<sup>2)</sup> versucht.

Derselbe weist darauf hin, daß viele Verbindungen der Anthracenreihe in ihren Lösungen eine sehr auffallende Fluorescenz zeigen, während doch diese Eigenschaft nicht allen Anthracenderivaten gleichmäßig zukommt.

Bekanntlich schreibt Liebermann dem Anthracen die Konstitutionsformel



zu. Als Regel für die Fluorescenz in der Anthracenreihe stellt nun Liebermann den Satz hin, daß diejenigen Derivate (gelöst in indifferenten Lösungsmitteln oder in wässriger, alkalischer Flüssigkeit) fluorescieren, in welchen die, beide Benzolreste verbindende, zwei Kohlenstoffatome enthaltende Gruppe die Kon-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 296, 1 48, 1658.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880 Bd. 13 S. 913.

stitution  $\begin{array}{c} \text{--- CM ---} \\ | \\ \text{--- CM ---} \end{array}$  besitzt (wo M ein einwerthiges Element oder eine einwerthige Gruppe bezeichnet), während diejenigen Derivate, in welchen die Doppelketongruppe  $\begin{array}{c} \text{--- CO ---} \\ \text{--- CO ---} \end{array}$  oder die ihm beim Phenylanthracen entsprechende Gruppe  $\begin{array}{c} \text{--- COH. C}_6\text{H}_5 \text{---} \\ \text{--- CH ---} \end{array}$  enthalten ist, keine Fluorescenz zeigen.

Darüber, ob und welche Atombindungen oder geschlossene Ketten etwa Fluorescenz veranlassen, läßt sich nach Liebermann ein Urtheil gegenwärtig nicht gewinnen. Daß mehrfache innere Verkettung mit dieser Erscheinung in ursächlichem Zusammenhang steht, gewinnt jedoch einige Wahrscheinlichkeit, wenn man an die Konstitution mancher der bekanntesten fluorescierenden Verbindungen z. B. des Fluorens denkt. Irgendwelche Theorie will indessen Liebermann durch die von ihm für die Anthracenderivate gegebene Regel nicht ausdrücken, welche er als eine nur empirische, bisher nicht ausnahmslose und der weiteren Stützen noch bedürftige bezeichnet.

Die Abhängigkeit der färbenden Kraft eines aromatischen Körpers von der chemischen Konstitution desselben sucht Otto N. Witt<sup>1)</sup> nachzuweisen. Er erörtert die Bedingungen, von denen es abhängen soll, daß eine Substanz farblos oder farbig ist. Er geht dabei von folgenden Betrachtungen aus:

Benzol ist kein Farbstoff; wohl aber sind die Nitroaniline und Nitrophenole als solche zu betrachten. Sonach müssen die Seitenketten der gefärbten Benzolderivate die Farbe derselben bedingen.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  sind farblose Körper, daher muß die Kombination der Nitrogruppe mit der Amido- oder Hydroxylgruppe hier farbstoff erzeugend wirken. Mit anderen Worten, die Anwesenheit einer Nitro- und einer salzbildenden Gruppe bedingt Farbstoffnatur. Die Farbe ist nach Witt gewissermaßen schon im Nitrobenzol entwickelt, sie kommt aber erst zur Geltung durch den Eintritt salzbildender Gruppen. Nimmt man der Amidoverbindung ihre Basicität durch Acetylierung, der hydroxilierten Verbindung ihren sauren

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1876 Bd. 9 S. 522 u. 950.

Charakter durch Methylierung, so kehrt der Körper zur Farblosigkeit zurück.

Witt bezeichnet die farbstoffgebende Gruppe als Chromophor, einen Körper aber, in dem ein Chromophor vorhanden, und der nur einer salzbildenden Gruppe bedarf, um zum Farbstoff zu werden, belegt er mit dem Namen Chromogen. So ist z. B.  $\text{NO}_2$  das Chromophor des Nitroanilins und des Nitrophenols; Nitrobenzol aber ist das Chromogen dieser Körper. In den aus Azobenzol abstammenden Farben ist  $\text{N}=\text{N}$ , im Alizarin die zweimal vorhandene Gruppe  $\text{CO}=\text{}$  das Chromophor. Witt stellt nun folgende Sätze auf:

1. Die Farbstoffnatur aromatischer Körper ist bedingt durch die gleichzeitige Anwesenheit einer farbstoffgebenden Gruppe (Chromophor) und einer salzbildenden.

2. Das Chromophor äußert seinen farbstoff erzeugenden Einfluß mehr in den salzartigen Verbindungen der Farbstoffe, als wenn dieselben in freiem Zustande sich befinden.

3. Von zwei im Uebrigen gleichgebauten Farbstoffen ist derjenige der bessere, dessen Salze beständiger sind.

Perkin bemerkte zu den vorstehenden Mittheilungen mit Recht, daß Farbe einer Verbindung nicht dasselbe sei wie Färbevermögen, letzteres beruht ohne Zweifel auf der Anziehung zwischen der Faser und dem Farbstoff. — Armstrong erinnert an Körner's Beobachtung, daß, während die Orthoabkömmlinge stark gefärbt sind, die Para- und Metaverbindungen vielfach nur schwache Farben besitzen.

Witt vermag nicht anzugeben, wodurch eine Atomgruppe befähigt wird, als Chromophor aufzutreten. Er wünscht durch seine Publikation hauptsächlich andere Chemiker zur Untersuchung dieser für die Wissenschaft und Technik gleich wichtigen Frage anzuregen.

Die Beziehungen zwischen der Zähigkeit flüssiger Körper und ihrer chemischen Konstitution sind von Richard Pribram und Al. Handl<sup>1)</sup> erörtert worden. Als Maasß der Zähigkeit diente die Transpirationzeit, d. h. die Zeit, welche gleiche Mengen verschiedener

1) Naturforscher 1882 S. 15 (nach d. Sitzungsberichten d. Wiener Akademie der Wissensch. Bd. 84 S. 717.)



Flüssigkeiten brauchen, um unter genau gleichen Versuchsbedingungen durch ein Kapillarrohr zu fließen. Nach Guerout sollen gleiche Volumina isomerer Ester (zusammengesetzter Aether) gleiche Durchflußzeiten ergeben. Diesen Satz fanden Příbram und Handl allerdings nicht ganz bestätigt. Zwar bewegten sich die Werthe der Zähigkeit isomerer Ester innerhalb nicht sehr weiter Grenzen, aber die sich ergebenden Differenzen durften nicht unbeachtet bleiben und ließen eine gesetzmäßige Abhängigkeit von der Konstitution der isomeren Ester erkennen. Von zwei isomeren Estern besaß derjenige die größere Zähigkeit, welcher das in der homologen Reihe höher stehende Alkohol-Radical enthielt, während der das höhere Säure-Radical enthaltende dann selbstverständlich eine geringere Zähigkeit hatte. Im Allgemeinen wurden diese Unterschiede in der specifischen Zähigkeit für gleiche Volumina größer, wenn die Differenzen der Molekulargewichte der in den verglichenen Estern enthaltenden Alkohol-Radicalen anwuchsen. Weiter zeigten die ein normal konstituiertes (Säure- oder Alkohol bildendes) Radical enthaltenden Ester stets eine größere Zähigkeit als die ihnen isomeren. Ebenso ergaben die Aldehyde verschiedener Fettsäuren und Alkohole (mit Ausnahme der Butylalkohole) für die normalen Verbindungen eine größere Zähigkeit.

Bei Gliedern einer homologen Reihe ist nach Příbram und Handl (wie auch Graham, Kellstab und Guerout schon früher nachgewiesen hatten) im Allgemeinen die Zunahme der Zähigkeit der Zunahme des Molekulargewichts proportional. Der Zuwachskoeffizient ist aber von dem Baue der Moleküle abhängig und nur dann konstant, wenn die Glieder der homologen Reihe als binäre Verbindungen betrachtet, ein konstantes und nur ein veränderliches Glied enthalten. In der Reihe der Halogenderivate der normal konstituirten Kohlenwasserstoffe tritt dieser Einfluß der Gestalt des Moleküls gegen den Einfluß des Molekulargewichts noch zurück) bei den sogenannten Isoverbindungen ist er bereits deutlich bemerkbar.

Der Zusammenhang, welcher zwischen dem Siedepunkt, der Dichte, den Brechungsindices und ihrer chemischen Konstitution (siehe oben S. 319) besteht, veranlaßte Brühl<sup>1)</sup>, auch

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880 Bd. 13 S. 1530.

die Transpirationszeit in den Bereich seiner Untersuchungen zu ziehen. Er glaubt auf Grund seiner Beobachtungen als eine wahrscheinlich allgemeine Regel hinstellen zu können, daß von isomeren Körpern eine gleiche Anzahl von Molekülen zum Durchfließen einer Kapillare um so mehr Zeit gebraucht, je höher Siedepunkt, Dichte und Brechungsindices der Verbindung; daß somit die spezifische Fähigkeit der organischen flüssigen Substanzen zu der chemischen Konstitution in derselben Beziehung steht, wie die übrigen physikalischen Konstanten.

Ueber einen Versuch J. Thomsen's, aus der Verbrennungswärme oder vielmehr aus der durch Beobachtung der Verbrennungswärme ermittelten Bildungswärme von Kohlenwasserstoffen einen Schluß auf die Konstitution derselben abzuleiten, haben wir in einem früheren Jahrgange (Bd. 17 S. 288 ff., vergl. auch Bd. 18 S. 317) ausführlich Bericht erstattet.

Auch J. W. Brühl<sup>1)</sup> hat die Verbrennungswärme und deren Beziehungen zu der Konstitution der chemischen Verbindungen zum Gegenstand seiner Untersuchungen gemacht. Er ist dazu gelangt, einen sehr einfachen Zusammenhang zwischen dem Lichtbrechungsvermögen und der Verbrennungswärme der Körper zu konstatieren. Er fand, daß die schrittweise Oxydation der Substanzen auf ihre optischen Eigenschaften von gleichem Einfluß wie auf die thermischen ist. Das Lichtbrechungsvermögen  $\frac{A-1}{d}$  eines Körpers nimmt bei allmählicher Vereini-  
gung desselben mit Sauerstoff stetig ab, es wird um so kleiner, je mehr Sauerstoffatome in die Verbindung eintreten, ebenso wie dies betreffs der Verbrennungswärme der Fall ist. Ganz entsprechend wirkt eine Entziehung von Wasserstoff, oder eine Vertretung desselben durch Sauerstoff, so daß sowohl das Lichtbrechungsvermögen als auch die Verbrennungswärme bei den Kohlenwasserstoffen größer ist, als bei gleichen Gewichtsmengen aller derjenigen Körper, welche durch Oxydation der Kohlenwasserstoffe entstanden sind, also der zugehörigen Alkohole, Aldehyde, Säuren, Oxy Säuren u. s. w. Die Differenzen der Konstanten benachbarter Glieder einer Oxydationsreihe nehmen

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 2533.

bei analoger chemischer Struktur der Körper in allen Fällen, sowohl in thermischer wie in optischer Beziehung, mit wachsendem Molekulargewicht ab. So sind beispielsweise diese Differenzen zwischen Propylalkohol und Propylaldehyd kleiner als zwischen Methylalkohol und Acetaldehyd u. s. w.

Der Einfluß der Halogenisation ist demjenigen der Oxydation sowohl in optischer, wie in thermischer Beziehung vollkommen analog. Das spezifische Lichtbrechungsvermögen und die spezifische Verbrennungswärme — d. i. die gleicher Gewichtsmengen der Körper — werden um so kleiner, je mehr Chloratome eintreten. Beide Konstanten sind bei den Bromverbindungen kleiner als bei den Chlorsubstitutionsprodukten und sie sind am kleinsten bei den Jodverbindungen.

In den homologen Reihen der Alkohole, Säuren und Ester nimmt sowohl das Lichtbrechungsvermögen, als auch die Verbrennungswärme gleicher Gewichtsmengen Substanz mit steigendem Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt stetig zu, während die Differenzen für das Inkrement  $\text{CH}_2$  bei beiden Konstanten mit wachsendem Molekulargewicht abnehmen. Brühl hat bereits früher nachgewiesen, daß das Lichtbrechungsvermögen isomerer Körper gleichen Sättigungsgrades gleich und also von ihrer Atomgruppierung unabhängig sei. Substanzen ein und derselben Klasse und derselben Molekularformel, wie z. B. isomere Alkohole, Aldehyde, Säuren u. s. w. sind demnach in optischer Beziehung identisch. Die neuesten Untersuchungen von Couguinine, Berthelot u. A. ergaben nun, daß solche Isomeren analogen, chemischen Charakters bei der Verbrennung auch gleiche Wärmemengen entwickeln. Isomeren Körpern von ungleichem Sättigungsgrade entspricht, wie oben gezeigt wurde, auch ein ungleiches Brechungsvermögen. Es ergab sich, daß Substanzen, welche Doppelbindungen von Atomen enthalten, ein größeres Lichtbrechungsvermögen zukommt als Isomeren, in denen diese Bindungen fehlen, und daß das Brechungsvermögen solcher Körper, in denen doppelte Bindung zwischen Kohlenstoffatomen stattfindet, größer ist, als wenn Sauerstoff und Kohlenstoff zweifach verkettet sind. Die jüngsten Beobachtungen Couguinine's<sup>1)</sup> ergaben, daß die Verbrennungs-

1) Comptes rendus t. 92, p. 454, 525, t. 93 p. 274.

wärme von Körpern, in welchen doppelt gebundene Kohlenstoffatome vorkommen, größer ist, als die Verbrennungswärme von Isomeren, in denen diese Art von Bindung nicht vorhanden, sondern durch zweifache Verkettung von Sauerstoff- und Kohlenstoffatomen ersetzt ist. So entwickeln die ungesättigten Alkohole eine größere Wärmemenge als die isomeren Aldehyde oder Ketone, was dem Verhalten dieser Verbindungen in optischer Beziehung vollkommen entspricht. Z. B. zeigt der Allylalkohol, dessen Lichtbrechungsvermögen größer ist, als dasjenige des Propylaldehyds und des Acetons, auch eine größere Verbrennungswärme als diese Substanzen.

Aus den hier erwähnten Thatsachen ergiebt sich eine einfache Wechselbeziehung des Lichtbrechungsvermögens und der Verbrennungswärme der flüssigen organischen Verbindungen, welche Konstanten gleichen Gesetzen gehorchen und von der Molekularstruktur der Körper in analogem Sinne beeinflusst werden.

Die Bestimmung der chemischen Konstitution mit Hilfe beider Konstanten erhält nach Brühl durch die gegenseitige Kontrolle dieser verschiedenartigen physikalischen Aeußerungen der Beschaffenheit der Körper eine erhöhte Sicherheit.

Die Erscheinung, daß die doppelte Bindung der Atome, welche das Lichtbrechungsvermögen der Körper vermehrt, auch ihre Verbrennungswärme erhöht, läßt nun auch in das Wesen dieser Art von Atomverkettung einen näheren Einblick gewinnen. — Wenn zwei Substanzen gleicher Molekularformel bei der Verbrennung ungleiche Wärmemengen entwickeln, so kann die Ursache in nichts Anderem liegen, als in der verschiedenen Energie dieser Verbindungen. Wir werden somit durch die vorstehenden Ergebnisse zu dem Schlusse geführt, daß die Energie der Substanzen, in welchen doppelte Bindungen von Atomen vorkommen, größer ist, als die Energie der Isomeren, denen solche Doppelbindungen fehlen.

Die Energie eines Körpers besteht aus der lebendigen Kraft der bewegten Bestandtheile und aus dem sogenannten Werkinhalt. Die letztere Größe stellt diejenige Menge von Energie dar, welche bei der Erwärmung eines Körpers nicht zur Erhöhung seiner Temperatur, also zur Vermehrung der lebendigen Kraft der Bewegung dient, sondern dazu, Kräfte

zwischen seinen Bestandtheilen zu überwinden, eine Lockerung des Zusammenhangs der Atome zu bewirken oder kurz, die sogenannte Disgregation zu vermehren.

Nach der mechanischen Theorie der Wärme ist die lebendige Kraft der Atome nur von der Temperatur, nicht aber von der Anordnung dieser Atome in den Molekeln abhängig. Da aber isomere Körper gleiche Zahl und Art von Atomen enthalten, so ist die lebendige Kraft solcher Körper derselben Temperatur gleich. Die Ursache des verschiedenen Wärmewerthes der Energie isomerer Verbindungen, welche sich in der verschiedenen Verbrennungswärme dokumentiert, ist demnach in dem verschiedenen Werkinhalt, in der verschiedenen Disgregation zu suchen, so daß der größeren Energie eine weiter fortgeschrittene Lockerung des Zusammenhanges der Atome entspricht.

Da nun die Körper mit doppelter Bindung von Atomen eine größere Verbrennungswärme, also auch eine größere Energie und Disgregation besitzen als jene Isomeren, in denen solche Doppelbindungen fehlen, so folgt nach Brühl aus der obigen Darlegung, daß die sogenannte Doppelbindung der Atome keine innigere, sondern im Gegentheil eine schwächere Anziehung als die einfache Verkettung derselben darstellt. Die Annahme einer stärkeren oder dichteren Vereinigung der Atome, einer doppelten Bindung derselben, in den ungesättigten Körpern, steht demnach in direktem Widerspruch mit den Thatsachen.

Dieses Resultat findet auch eine Bestätigung durch die Untersuchungen über das spezifische Volumen. Die bekannten Arbeiten von Kopp und von Buff ergaben, daß die vermeintlich doppelt gebundenen Atome einen größeren Raum beanspruchen als die einfach verketteten. Vergleiche auch die oben (S. 277) mitgetheilten Resultate der Untersuchungen von Schiff über die spezifischen Volume der Verbindungen.

Die eben hingestellte Schlussfolgerung findet noch eine weitere Stütze durch die von Kekulé gefundene Regel, daß bei der Oxydation von Körpern mit sogenannter Doppelbindung der Kohlenstoffatome, der Zerfall der Molekel an der Stelle eben dieser doppelten Bindung stattfindet. Der Verlauf dieser Reaktionen deutet also ebenfalls auf einen lockeren Zusammenhang der Atome am Orte der vermeintlichen Doppelbindung.

Bezüglich der von Brühl konstatierten Gleichmäßigkeit,

mit welcher Brechungsvermögen und Verbrennungswärme sich ändern, wenn die Zusammensetzung sich ändert, bemerkt Julius Thomsen<sup>1)</sup>, daß jene Regelmäßigkeiten nur scheinbar mit den thermischen Eigenschaften enge verknüpft, thatsächlich aber fast unabhängig von den letzteren sind und hauptsächlich aus der Aenderung des Molekulargewichtes entspringen. Die spezifische Verbrennungswärme der Körper, d. h. die Verbrennungswärme für die Gewichtseinheit ist eine komplizierte Funktion, denn sie ist von der Verbrennungswärme der Bestandtheile des Körpers, von der Bildungswärme und dem Molekulargewicht desselben abhängig, und eignet sich daher wenig als Grundlage für theoretische Untersuchungen. Sie dient außer technischen und praktischen Zwecken zur Berechnung der molekularen Verbrennungswärme, aus welcher sich alsdann die Bildungswärme des Körpers ergibt. Dieser letzte Werth, die Wärmetönung der Bildung des Moleküls aus den Elementen, ist nach Thomsen die thermische Konstante, während die Verbrennungswärme ein zufälliger, von der Beschaffenheit des Mediums, in welchem die Verbrennung stattfindet, abhängiger Werth ist.

Julius Thomsen weist a. a. O. auf mathematischem Wege nach, daß durch die Oxydation eines Körpers (z. B. durch die Oxydation des Aldehyds zu Essigsäure) infolge der eintretenden Erhöhung des Molekulargewichtes ein Körper entstehen muß, dessen Verbrennungswärme eine geringere ist, und zwar sowohl, wenn die Oxydation von einer Wärmeentwicklung, als wenn sie von einer Wärmeabsorption begleitet ist. Daher sieht sich Thomsen zu dem Schluß geführt, daß die qualitative Aenderung in der spezifischen Verbrennungswärme der Körper eine brauchbare Grundlage für eine Untersuchung über den Zusammenhang der optischen und thermischen Eigenschaften nicht bildet.

Andererseits weist Wiedemann<sup>2)</sup> mathematisch nach, daß die von Brühl entwickelten Beziehungen zwischen dem spezifischen Brechungsvermögen und ihrer Zusammensetzung (z. B. die Abnahme der Differenz zwischen dem spezifischen Brechungsvermögen beim Aufsteigen in einer homologen Reihe) sich als

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 66.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 467.

nothwendige Konsequenz aus dem Satze ergeben, daß die Molekularrefraktion gleich der Summe der Atomrefraktionen der in den Körpern enthaltenen Atome ist, und aus den Werthen, die diesen zukommen. Wiedemann weist darauf hin, daß die Beziehungen zwischen den Eigenschaften von Gliedern einer homologen Reihe zunächst nur rein äußerliche sind, wenn sich die Eigenschaften der Moleküle angenähert als die Summe derer der Atome darstellen, wie beim Molekularvolumen, bei der Molekularrefraktion, der Verbrennungswärme gewisser Gruppen von Verbindungen. In allen diesen Fällen lassen sich die auf das Molekül oder die Gewichtseinheit bezogenen physikalischen Größen auf algebraischem Wege in rein formaler Weise parallelisieren, wie dies von Brühl für die Verbrennungswärme und die spezifische Refraktion geschehen ist.

Wirkliche Beziehungen treten, wie Wiedemann betont, erst dann ein, wenn die Konstanten, welche die Eigenschaften der Körper bestimmen, sich in Zusammenhang bringen lassen. Dazu ist freilich nöthig, Größen von physikalischer Bedeutung zu vergleichen. So sollte man bei Untersuchungen über die Brechungsverhältnisse an Stelle der aus rein empirischen Gründen

diskutierten Größe  $\frac{A-1}{d}$  stets  $\frac{A^2-1}{(A^2+2)d}$  untersuchen, wo A

der Brechungsindex für unendlich lange Wellen ist. H. A. Lorentz<sup>1)</sup> und L. Lorenz<sup>2)</sup> sind auf verschiedenem Wege, der erste durch Entwicklungen, welche der elektromagnetischen Lichttheorie, der letztere durch solche, welche der gewöhnlichen Aethertheorie entnommen sind, zu dem übereinstimmenden Resultate

gelangt, daß der Ausdruck  $\frac{A^2-1}{(A^2+2)d}$  ein Konstante sein

müsse. Auch ist dies durch spätere Versuche von Brühl<sup>3)</sup> bestätigt worden. Jedenfalls erweist sich der Lorenz'sche Ausdruck innerhalb eines größeren Temperaturumfanges konstant als

die Größe  $\frac{A-1}{d}$ .

In neuester Zeit hat nun Landolt<sup>4)</sup> dargelegt, daß die

1) Wiedemann's Ann. d. Phys. u. Chem. 1880 Bd. 9 S. 641.

2) Ebendas. 1880 Bd. 11 S. 70.

3) Ebendas. 1880 Bd. 11 S. 104.

4) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 1031.

oben (S. 300—313) mitgetheilten Beziehungen, welche er und andererseits Brühl zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes und der Zusammensetzung organischer Verbindungen nachgewiesen, indem sie der Berechnung der Molekularrefraktion die Formel  $M_A = P \frac{A - 1}{d}$  zu Grunde legten, sich durchgängig in derselben Weise ergeben, wenn man bei der Berechnung der Molekularrefraktion von der Formel  $M_A = P \frac{A^2 - 1}{(A^2 + 2) d}$  ausgeht.

Natürlich ergeben sich bei Zugrundelegung der letzteren Formel für die Atomrefraktionen der Elemente andere Werthe. Dieselben sind von Landolt wie folgt ermittelt worden:

#### Atomrefraktionen

|                                                                 | für die<br>rothe Was-<br>serstofflinie<br>$r_\alpha$ | für Licht<br>von unend-<br>lich langen<br>Wellen<br>$r_A$ |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| des einfach gebundenen Kohlenstoffs . C                         | 2,48                                                 | 2,43                                                      |
| des Wasserstoffs . . . . . H                                    | 1,04                                                 | 1,02                                                      |
| des einfach gebundenen Sauerstoffs . O'                         | 1,58                                                 | 1,56                                                      |
| des doppelt<br>" " " " O''                                      | 2,34                                                 | 2,29                                                      |
| des Chlors . . . . . Cl                                         | 6,02                                                 | 5,89                                                      |
| Erhöhung für je eine doppelte Kohlenstoff-<br>bindung . . . . . | 1,78                                                 | 1,59                                                      |

### Die Elemente und einige Verbindungen derselben.

#### Sauerstoff.

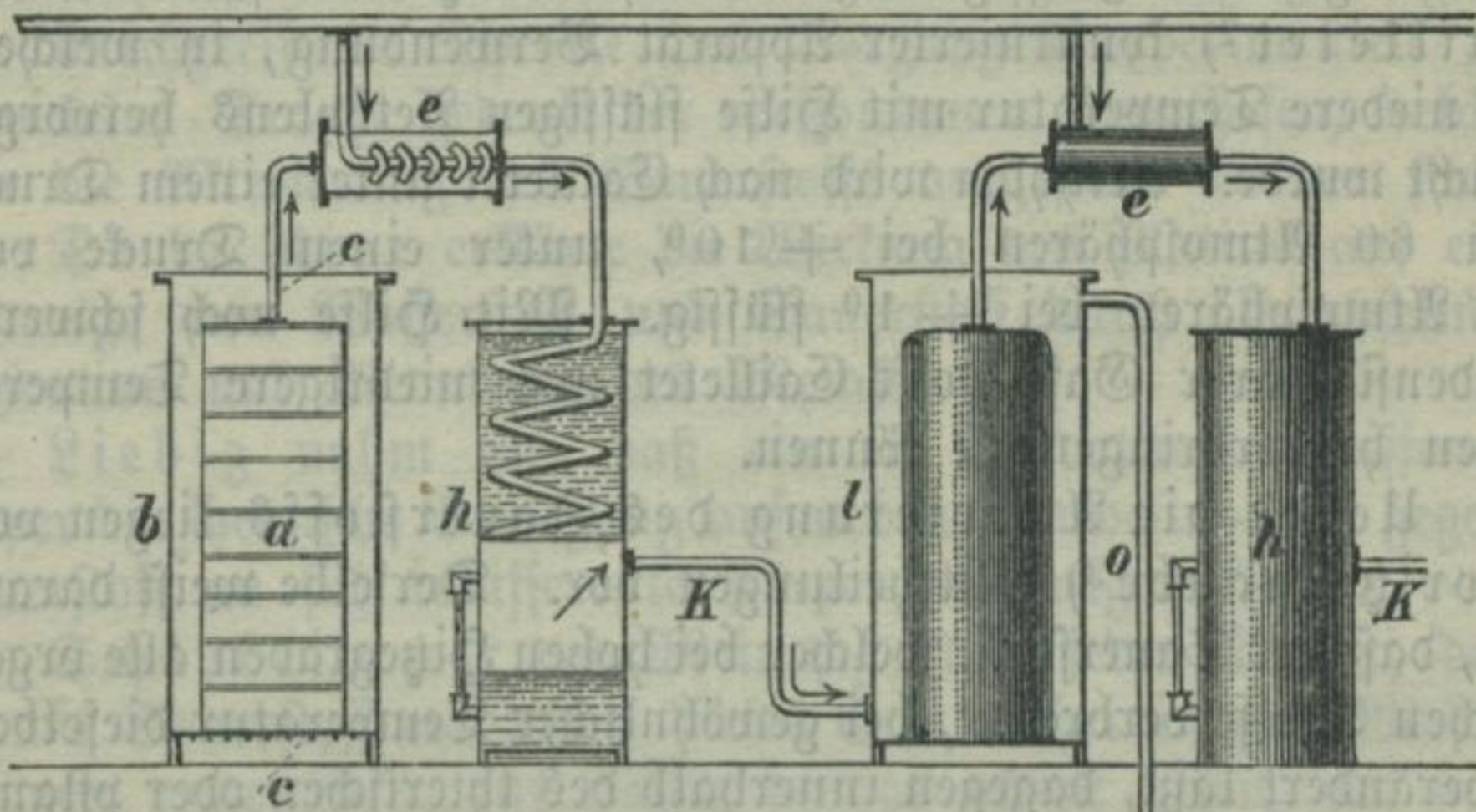
Die Gewinnung des Sauerstoffs aus atmosphärischer Luft durch Dialyse ließ sich Paul Margis<sup>1)</sup> in Paris patentieren (D. R.=P. No. 17981 v. 7. August 1882). Die Luft wird durch Membrane gesaugt, durch welche

1) Die chemische Industrie 1882 Bb. 5 S. 230.



der Sauerstoff in größerer Menge hindurchtritt als der Stickstoff. Dieselben bestehen aus Säcken von Taffet, welcher in eine Lösung von 50 Gewichtstheilen rohem Kautschuk in 400 Gewichtstheilen Schwefelkohlenstoff, 20 Gewichtstheilen Alkohol und 10 Gewichtstheilen Aether getaucht worden ist. Ein solcher durch Eisenstangen versteifter Taffetsack *a* Fig. 54 befindet sich

Fig. 54.



in einem eisernen Cylinder *b*, durch dessen durchlöchernte Böden die Luft eintritt. Die saugende Wirkung wird durch den mit Dampf betriebenen Injektor *e* hervorgebracht. Aus *a* tritt das Gas, in *e* mit Dampf gemischt, zunächst in den Kühlapparat *h*, wo sich der Dampf verdichtet, während das sauerstoffreiche Gas durch das Rohr *K* in den zweiten Dialysator *l* eintritt, der wie der erste eingerichtet ist, nur daß der äußere Cylinder *l* geschlossen ist. Durch das in den Wasserbehälter tauchende Rohr *o* kann die nicht dialysierte stickstoffreiche Luft austreten. Die Höhe der Wassersäule in *p* reguliert den Druck im Cylinder *l*. Nach viermaliger Dialyse enthält das in einem Gasbehälter ausströmende Gas 95 Proc. Sauerstoff. Aus dem ersten Dialysator austretend hat das Gas 40 Proc. Sauerstoff und eignet sich bereits für manche Beleuchtungs- und metallurgischen Zwecke. Der zweite Dia-

lyfator liefert Gas mit 60, der dritte solches mit 80 Proc. Sauerstoff.

**Verdichtung des Ozons.** Bei der Fortsetzung ihrer Versuche über die Verdichtung des Ozons (vergl. dies Jahrbuch Bd. 17 S. 306) ist es P. Hautefeuille und J. Chappuis<sup>1)</sup> gelungen, Ozon unter einem Drucke von 125 Atmosphären und bei einer Temperatur von etwa  $-105^{\circ}$  zu einer tief indigblauen Flüssigkeit zu verdichten. Hierbei fand ein von Cailletet<sup>2)</sup> konstruierter Apparat Verwendung, in welchem die niedere Temperatur mit Hilfe flüssigen Aethylens hervorgebracht wurde. Aethylen wird nach Cailletet unter einem Drucke von 60 Atmosphären bei  $+10^{\circ}$ , unter einem Drucke von 45 Atmosphären bei  $+1^{\circ}$  flüssig. Mit Hilfe noch schwerer kondensirbarer Gase hofft Cailletet noch niedrigere Temperaturen hervorbringen zu können.

Ueber die Aktivierung des Sauerstoffs liegen von Moritz Traube<sup>3)</sup> Mittheilungen vor. Derselbe weist darauf hin, daß der Sauerstoff, welcher bei hohen Sitzegraden alle organischen Stoffe verbrennt, bei gewöhnlicher Temperatur dieselben unverändert läßt, dagegen innerhalb des thierischen oder pflanzlichen Organismus aus seiner Passivität heraustritt, indem er hier schon bei Temperaturen unter  $40^{\circ}$  Oxydationen herbeizuführen vermag, die er sonst nur in der Glühhitze bewirkt. Man erinnere sich der im Organismus vor sich gehenden Oxydation der Kohlehydrate, Fette, Eiweißstoffe u. s. w. zu Kohlenfäure und Wasser.

Auf der Fähigkeit des thierischen Organismus, den Sauerstoff zu aktivieren, beruht der wichtigste Lebensakt, der chemische Prozeß der Respiration, welcher nach Traube nicht, wie man früher annahm, lediglich im Blute, sondern in allen Geweben des Körpers, vor Allem in den Muskeln in der Weise vor sich geht, daß der in den Lungen aufgenommene Sauerstoff in den Körperkapillaren wieder frei wird, als gelöstes Gas in das Gewebe der einzelnen Organe eintritt und somit jedes einzelne Organ auf Kosten dieses freien Sauerstoffs selbständig athmet. So besitzen denn nicht nur die Organismen im Allgemeinen,

1) Comptes rend. t. 94 p. 1249.

2) Ebendas. 1882 t. 94 p. 1224.

3) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 659.

sondern jedes ihrer Organe im Besonderen, ja jede einzelne Zelle, die Fähigkeit, Sauerstoff zu aktivieren, oder sie enthalten vielmehr Substanzen, denen diese Eigenschaft zukommt. Auch außerhalb der Organismen kommen Fälle der Aktivierung des Sauerstoffs vor. So wird er z. B. durch Platin oder Phosphor in hohem Grade erregt. Das Problem der Sauerstoffaktivierung ist demnach nicht minder für die Physiologie wie für die Chemie selbst bedeutsam. Doch ist es bisher nicht gelungen, eine durchgreifende Theorie des Vorganges experimentell zu entwickeln. Traube gedenkt der verschiedenen Hypothesen, welche über die Aktivierung des Sauerstoffs aufgestellt worden sind.

De la Rive erklärte die Wirkung des Platins auf ein Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff durch abwechselnde Oxydation und Reduktion des Metalls.

Liebig nahm an, daß ein in Oxydation begriffener Körper die chemische Bewegung auf neben ihm befindliche, gegen Sauerstoff an sich indifferente Körper übertragen könne.

Schönbein war der Meinung, daß jeder Körper, der sich mit Sauerstoff verbindet, dieses Gas vorher in zwei Modifikationen umwandelt, zur Hälfte in das aktive Ozon, zur andern Hälfte in das mehr passive Antozon. Seine Ansichten über die sogenannten Ozonide und Antozonide, die, wie z. B. Uebermangansäure und Wasserstoffsuperoxyd, beim Zusammenreffen die in ihnen enthaltenen, gegensätzlichen Sauerstoffmodifikationen unter Vereinigung derselben zu gewöhnlichen Sauerstoff abgeben sollen, sind bekannt. (Vergl. dies. Jahrb. Bd. I S. 261 u. f.)

Löw schloß aus seinen Versuchen mit Terpentinöl (vergl. d. Jahrb. Bd. VII S. 296), daß dasselbe die Fähigkeit besitze, das Sauerstoffmolekül zu spalten und daß es neben dem passiven Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) noch zwei aktive Arten von Sauerstoff gebe, Ozon ( $\text{O}_2 + \text{O}$ ) und freie Sauerstoffatome ( $\text{O}$ ).

Nach Hoppe-Seyler (vergl. dies. Jahrb. Bd. XVII S. 302) vermag Wasserstoff im statu nascendi das Molekül des Sauerstoffs zu spalten, indem er ein Atom desselben an sich reißt, das andere aber als aktiven Sauerstoff in Freiheit setzt. Nach der Ansicht desselben Forschers hat der Lebensprozeß im Thierleib Aehnlichkeit mit einer unter Wasserstoffentwicklung vor sich gehenden Fäulnis und Wasserstoff im

statu nascendi ist es, der den in der Athmung aufgenommenen Sauerstoff in der obigen Weise energisch oxydiert.

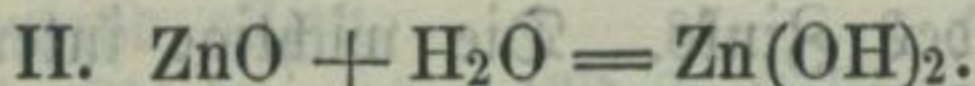
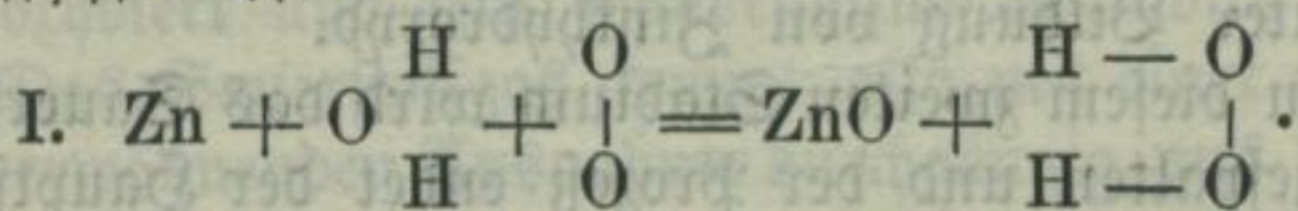
Nach einer früher von Traube aufgestellten Hypothese wird die Aktivierung des Sauerstoffs durch Sauerstoffüberträger bewirkt. Dies sind solche Körper, welche, wie das Platin nach der Erklärung von De la Rive, die Fähigkeit besitzen, den aufgenommenen Sauerstoff leicht an andere Körper abzugeben und dann sofort wieder neuen Sauerstoff aufzunehmen. Traube nahm ferner an, daß die Aktivierung des Sauerstoffs in Organismen durch derartige Ueberträger bewirkt werde, die er als Oxydationsfermente bezeichnete.

Neuerdings hat sich nun Traube die Aufgabe gestellt, zu erörtern, inwieweit die eine oder die andere der Hypothesen mit den Thatfachen in Uebereinstimmung steht, ob überhaupt alle Erscheinungen der Sauerstofferregung auf einer und derselben Ursache beruhen. In einer ersten Abhandlung, welcher andere noch folgen sollen, erörtert er die Entstehung von Wasserstoffsuperoxyd, welches, wie bekannt, bei zahlreichen Oxydationsprozessen auftritt und bezüglich dessen Bildung viele annehmen, daß die Sauerstoffatome in aktive Atome gespalten werden, von denen ein Theil sich mit dem Wasser zu Hyperoxyd vereinigt. Traube sucht die Richtigkeit dieser Annahme experimentell zu widerlegen und zwar unter anderen auf folgendem Wege. Er sagt, wenn z. B. bei der Oxydation des Zinks durch Schütteln mit Sauerstoff und Wasser aktiver Sauerstoff erzeugt würde, so würde ein gleichzeitig anwesender, leicht oxydierbarer Körper, wie z. B. Indigschwefelsäure ebenfalls rasch oxydiert werden. Dies ist, wie der Versuch ergiebt, nicht der Fall, während reichlich Wasserstoffsuperoxyd entsteht.

Nach Anführung fernerer Beispiele, die zur Widerlegung der bisher herrschenden Ansichten dienen, gelangt Traube zu folgender Theorie der Autoxydationsproceffe und der mit denselben verknüpften Entstehung des Wasserstoffsuperoxyds:

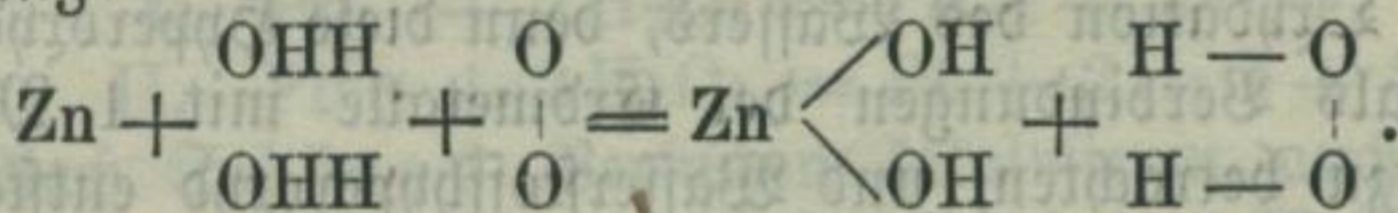
Das bei Oxydationsproceffen so häufig auftretende Wasserstoffhyperoxyd entsteht einfach durch einen Reduktionsvorgang. Nicht die Moleküle des Sauerstoffs wurden gespalten, sondern die viel leichter zerlegbaren des Wassers. Daß die letzteren leichter spaltbar sind, als die ersteren, geht schon daraus hervor, daß die Metalle der Alkalien, die bei gewöhnlicher Tem-

peratur gegen trocknen Sauerstoff indifferent sind — Kalium und Natrium behalten darin ihren Metallglanz — Wasser leicht zersetzen. Keines metallisches Zink vermag zwar für sich allein weder die Sauerstoff- noch die Wassermoleküle zu spalten, aber es vermag den letzteren Sauerstoff zu entziehen, wenn es durch eine in entgegengesetzter Richtung wirkende Affinität unterstützt wird, nämlich durch die Affinität der Sauerstoffmoleküle zum Wasserstoff des Wassers. Es entsteht dann durch Spaltung von Wassermolekülen einerseits Zinkhydroxyd, andererseits Wasserstoffhyperoxyd:



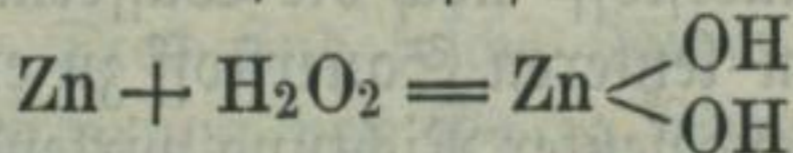
Das Wasserstoffhyperoxyd entsteht hier, indem Sauerstoff, ohne in Atome gespalten zu werden, als Molekül mit zwei Atomen Wasserstoff in Verbindung tritt, und ist, wenn man es in Analogie mit anderen durch Reduktion, d. h. Wasserstoffaufnahme, entstandenen Körpern so nennen will — reducierter Sauerstoff. — Sein Molekül ist, in Uebereinstimmung mit der einzig möglichen Strukturformel, völlig symmetrisch gebaut und seine beiden Sauerstoffatome in gleicher Weise und gleichem Grade gebunden.

Man könnte übrigens — und wohl zutreffender — annehmen, daß bei der gleichzeitigen Aktion von Zink, Sauerstoff und Wasser, 2 Moleküle des letzteren in zwei Hydroxylgruppen und zwei Restatome Wasserstoff zerlegt werden nach folgender Gleichung:



Wie aus obigen Gleichungen hervorgeht, muß auf ein Molekül Metallhydroxyd immer gleichzeitig ein Molekül Wasserstoffhyperoxyd entstehen. Schönbein hat in der That dies quantitative Verhältnis bei Einwirkung des Bleis auf Sauerstoff und verdünnte Schwefelsäure konstatirt; aber nur für den Anfang der Reaktion. Sobald das Schütteln mit Luft fortgesetzt wird, nimmt die Menge des Bleihydroxyds fortwährend zu, nicht aber die des Wasserstoffhyperoxyds. Das Gleiche findet

bei Anwendung anderer unedler Metalle, z. B. des Zinks, statt, weil nämlich, wenn das Wasserstoffhyperoxyd in gewisser Menge entstanden ist, es von da ab durch das Zink selbst in zwei Hydroxylgruppen gespalten wird, die sich mit demselben vereinigen:



Der Vorgang der Oxydation des Zinks bei Gegenwart von Sauerstoff und Wasser besteht hiernach aus zwei aufeinanderfolgenden Phasen: 1) aus der Bildung von Zinkhydroxyd und Wasserstoffhyperoxyd, 2) aus der Reduktion des letzteren unter erneuter Bildung von Zinkhydroxyd.

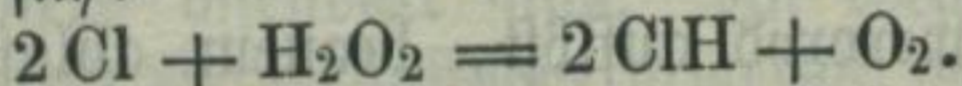
Erst in diesem zweiten Stadium wird das Sauerstoffmolekül völlig gespalten und der Prozeß endet der Hauptsache nach mit einer Oxydation des Zinks. Die wichtige intermediäre Bildung des Wasserstoffhyperoxyds wird fast völlig verschleiert, indem zuletzt nur minimale Mengen desselben gegenüber unbegrenzten Mengen von Zinkhydroxyd erscheinen. Man darf annehmen, daß überall, wo die Autoxydation eines Körpers unter Bildung von Wasserstoffhyperoxyd vor sich geht — und dies ist bei fast allen Autoxydationen in Gegenwart von Wasser der Fall — der Prozeß in derselben Weise, wie bei dem Zink, verläuft, daß also die räthselhafte Fähigkeit mancher Körper, sich schon bei gewöhnlicher Temperatur bei Gegenwart von Wasser mit passivem Sauerstoff zu vereinigen (ihre Autoxydation) fast allemal auf ihrer Eigenschaft beruht, mit Beihilfe von Sauerstoffmolekülen Wasser zu zerlegen.

Auch die Entstehung des Wasserstoffhyperoxyds bei Einwirkung von Säuren auf die Hyperoxyde der Erdmetalle erfolgt nicht durch Oxydation des Wassers, denn diese Hyperoxyde sind ebenfalls als Verbindungen der Erdmetalle mit 1 Molekül Sauerstoff zu betrachten, und Wasserstoffhyperoxyd entsteht bei jener Reaktion durch einfachen Platzwechsel des Wasserstoffs und des Metalls.

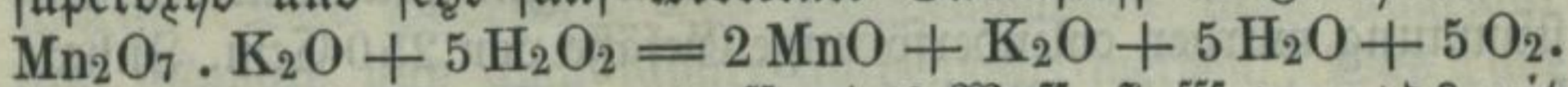
Indem wir bezüglich der weiteren Erörterung der Traube'schen Theorie auf die Originalabhandlung verweisen, sei nur noch bemerkt, daß sich nach Traube die auffallenden Reaktionen des Wasserstoffsuperoxyds aus dessen zwitterhafter Natur erklären. Es wirkt bald oxydierend, bald reducierend, bald in beiderlei Weise gleichzeitig; — oxydierend durch sein Sauerstoffmolekül, dessen

Atome nur durch eine Verwandtschaftseinheit aneinander gebunden sind; reducierend dagegen durch seine Wasserstoffatome. Es oxydiert Arsen, arsenige Säure, schweflige Säure zc., reducirt aber alle leicht desoxydierbaren Körper, wie Uebermangansäure, Silberoxyd, Ozon zc. Man nahm bisher an, daß beim Zusammentreffen von Wasserstoffsuperoxyd mit solchen Körpern, die leicht Sauerstoff abgeben, nicht bloß die letzteren, sondern auch das erstere reducirt werde. In Wirklichkeit aber werden nach Traube nur die letzteren Körper reducirt, das Wasserstoffsuperoxyd dagegen oder vielmehr seine Wasserstoffatome werden oxydiert und sein Sauerstoffmolekül wird in Freiheit gesetzt. Das Sauerstoffgas kommt also mit einer einzigen, sogleich zu erwähnenden Ausnahme durchgängig aus dem Wasserstoffsuperoxyd allein.

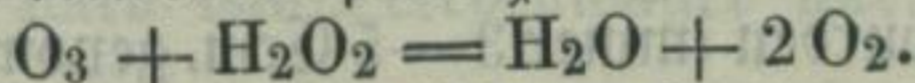
Die Reaktion des Wasserstoffsuperoxyds auf Chlor geht z. B., wie schon Wetzien<sup>1)</sup> ausgesprochen, nach folgender Gleichung vor sich:



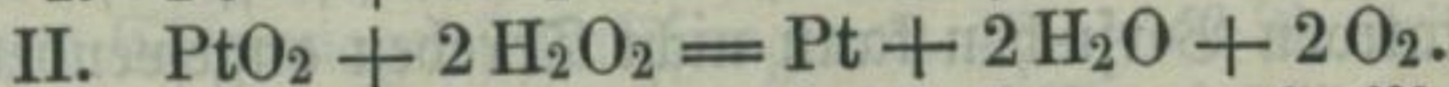
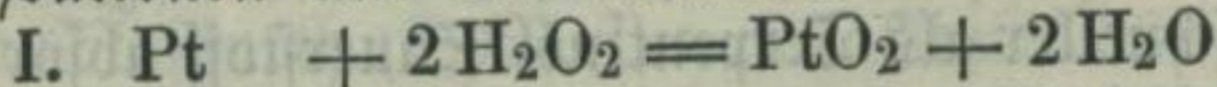
Uebermangansaures Kali oxydiert bei Anwesenheit von Schwefelsäure den Wasserstoff von fünf Molekülen Wasserstoffsuperoxyd und setzt fünf Moleküle Sauerstoff in Freiheit.



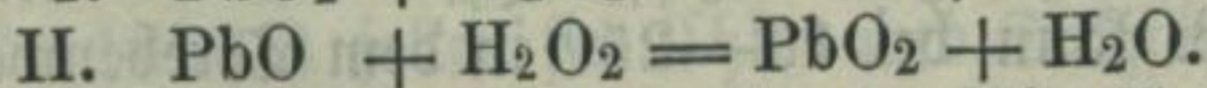
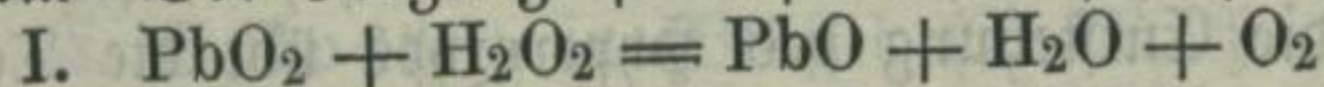
Nur beim Zusammentreffen des Wasserstoffsuperoxyds mit Ozon wird aus beiden Körpern je ein Molekül Sauerstoff frei.



Die sogenannten katalytischen Zersetzungen des Wasserstoffsuperoxyds erklären sich durch unmittelbar aufeinander folgende Oxydationen und Reduktionen.



Nach Schöne's Versuchen katalysieren auch Mangan- und Bleisuperoxyd in neutraler Flüssigkeit das Wasserstoffsuperoxyd vollständig zu Wasser- und Sauerstoff ohne selbst Sauerstoff zu verlieren. Der Vorgang ist nach Traube succesiv folgender:



Es fragt sich nunmehr, ob man die Autoxydation mit

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. 1860 B. 115 S. 121 u. 1866 Bd. 138 S. 129.

intermediärer Wasserstoffsuperoxydbildung eine Aktivierung des Sauerstoffs nennen darf. Wenn man darunter überhaupt jeden Vorgang versteht, durch den passiver Sauerstoff in Aktion versetzt wird, so müßte die Frage bejaht werden. Da aber sichtlich nur derjenige Vorgang damit gemeint sein kann, durch den passiver Sauerstoff ein energisches Oxydationsvermögen erlangt, so muß die Frage entschieden verneint werden. Das Wasserstoffsuperoxyd hat nicht entfernt die oxydierende Kraft des Ozons.

Ueber die Bildung des Wasserstoffhyperoxyds bei der Oxydation von Terpenen macht W. Kadulowitsch<sup>1)</sup> Mittheilungen. Bekanntlich besitzen die Terpentinöle die Fähigkeit Sauerstoff zu absorbieren, wobei unter anderen Oxydationsprodukten auch Wasserstoffhyperoxyd entsteht, das durch Chromsäure nachgewiesen werden kann. Zur Darstellung des Wasserstoffhyperoxyds auf diese Weise benutzt Verfasser 3—6 l. fassende Gefäße, die nach oben hin breiter werden und die am Boden mit einem Hahne versehen sind, um das Wasser, welches das sich bildende Hyperoxyd auflöst, bequem ablassen zu können. Die Bildung des Hyperoxyds wird durch öfteres Schütteln des Gemenges von Terpentinöl und Wasser oder auch durch Einblasen von Luft bedeutend beschleunigt. Zur quantitativen Bestimmung wurden cylindrische Gefäße von 250 Ccm. Inhalt benutzt, und zu den Versuchen 20—100 Ccm. Terpentinöl und 50—200 Ccm. Wasser angewandt. Von dem entstehenden „Terpentinölwasser“ wurden immer 3—5 Ccm. genommen, mit Aether verdünnt, Chromsäure zugesetzt und dann nach der Intensität der Färbung colorimetrisch die Menge des Hyperoxyds abgeschätzt. Am vortheilhaftesten ist es, Tereben anzuwenden, das fast zweimal schneller als Terpentinöl Sauerstoff absorbiert. Bei quantitativen Versuchen kann nicht Tereben angewendet werden, das schon längere Zeit gestanden hat, da in demselben schon sofort nach dem Zusatz von Wasser das Hyperoxyd entdeckt werden kann. Solches Tereben oder Terpentinöl muß daher vorher mit Wasser ausgewaschen werden. Einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Entstehung des Hyperoxyds übt die Temperatur aus. So z. B. kann bei 18—25° in dem Terebenwasser nur

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 1461 nach Journ. d. russ. phys. chem. Ges. 1882 S. 176.



am zweiten Tage Hyperoxyd nachgewiesen werden, während bei 80—90° die Reaktion mit Chromsäure schon nach  $\frac{3}{4}$ —1 St. deutlich auftritt. Ob Luft oder reiner Sauerstoff angewandt wird, ist ziemlich gleichgültig. Beim Behandeln des Terebenwassers mit Platinmohr wird das Hyperoxyd zerstört, indem Sauerstoff entweicht. Aus 48 Ccm. Terebenwasser, zu dem 0,2 Gr. Platinmohr zugesetzt waren, wurden z. B. in  $\frac{3}{4}$  Stunden 16 Ccm. Sauerstoff erhalten. Ihr Ende erreicht die Zersetzung erst nach vielen Stunden.

Das Platinmohr kann durch Blut ersetzt werden, nur geht dann die Reaktion bedeutend langsamer vor sich. Aus 35 Ccm. Terebenwasser und 15 Ccm. Blut wurden in 24 Stunden 16 Ccm. Sauerstoff erhalten, wobei der Blutflecken an der oberen Wand des Rohres hängen blieb. Als nach Verlauf eines Monats derselbe herausgenommen wurde, so war keine Spur von Fäulnis zu bemerken, wodurch also die antiseptischen Eigenschaften des Terebenwassers offenbart sind. In Gegenwart von Alkalien oxydiert das Wasserstoffhyperoxyd die organischen Stoffe des Terebenwassers. Schneller, als durch Platinmohr wird das Wasserstoffhyperoxyd im Terebenwasser durch Bleihyperoxyd zersetzt. Das Hyperoxyd des Terebenwassers kann ungefähr zwei Monate und auch länger aufbewahrt werden. Das Licht übt keinen merklichen Einfluß auf die Zersetzung aus. Auch beim Erwärmen wird das Terebenwasser nur schwierig zersetzt.

### Chlor.

Zur Gewinnung von Chlor wird nach J. Townsend<sup>1)</sup> in Staßfurth (D. R. P. v. 22. Juni 1880, Nr. 12885) eine erhitzte Chlormagnesiumlösung von 40—50° R. mit etwa 10 Proc. Manganoxyd gemischt und der Einwirkung von erhitzter Luft ausgesetzt. Das sich entwickelnde Chlor kann in bekannter Weise nutzbar gemacht werden. Durch Hinzufügen von 25—50 Proc. Chlorecalcium wird das Verfahren erleichtert.

Nach E. Solvay<sup>2)</sup> in Brüssel (D. R. P. v. 2. Juli 1880, Nr. 13528) sollen sich Chlor und Salzsäure aus Chlorecalcium durch Erhitzen desselben mit Kieselsäure oder Thon-

1) Dingler's pol. Journ. 1881 Bd. 240 S. 471.

2) Ebendas. 1881 Bd. 242 S. 287.

erdesilikaten unter Ueberleiten von Luft oder Wasserdampf mit Vortheil gewinnen lassen. Die Zersetzung des Chlorcalciums soll in einem Schachtofen vorgenommen werden. Der Zersetzungsrückstand soll in passenden Verhältnissen mit Thon und Kalk gemischt auf Cement zu verarbeiten sein.

Nach Versuchen von H. Enz, über welche G. Lunge<sup>1)</sup> berichtet, wird die Zerlegung des Chlorcalciums mittelst Wasserdampf in der Glühhitze durch die Gegenwart von Kieselsäure oder Feldspath nicht merklich beschleunigt. Die so erzeugte Salzsäure wird nach Lunge jedenfalls viel zu theuer kommen, als daß sie mit der bei der Sulfatfabrikation nebenbei abfallenden konkurrieren könnte.

**Chlortrioxyd.** Nach Untersuchungen von Garzarolli-Thurnlach<sup>2)</sup> ist die bis jetzt für Chlortrioxyd gehaltene Substanz, ebenso wie das Euchlorin nichts anderes als ein Gemenge von Unterchlorsäure mit freiem Chlor resp. Sauerstoff.

**Verfahren zur Darstellung chlorsaurer Salze.** Wenn man, wie gewöhnlich, das Einwirkungsprodukt von Chlor auf Kalkmilch mit Chlorkalium zerlegt, so bleibt nach dem Auskrystallisieren des Kaliumchlorats ein Theil dieses Salzes noch in der Chlorcalcium-Mutterlauge, mit der man dasselbe wegen der Unmöglichkeit seiner Gewinnung in reinem Zustande abfließen läßt. Um diesen Verlust zu verringern, scheidet Bechiner<sup>3)</sup> aus der Lösung von Calciumchlorat und Chlorcalcium vor Zusatz des Chlorkaliums die größte Menge Chlorcalcium ab. Dies kann auf zweierlei Weise geschehen:

1. Die Lösung wird bis zum Auskrystallisieren des Chlorcalciums concentrirt; d. h. bis auf 48° B. Das beim Erkalten bis auf 10° auskrystallisierte Chlorcalcium wird abcentrifugirt. Die Lösung enthält dann nur ungefähr  $\frac{1}{2}$  Mol.  $\text{Ca Cl}_2$  auf 1 Mol.  $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ .

2. Man setzt Kalk zu der Lösung, so daß auf 1 Mol. Chlorcalcium 3 Mol. Kalk kommen. Es bilden sich, besonders bei Anwendung von Wärme, basische Chlorüre, von denen man die Lösung trennt.

1) Dingler's pol. Journ. 1882 Bd. 243 S. 160.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 28.

3) Die chem. Industrie 1881. Bd. 5 S. 378. D. R. P. 15493 v. 10. März 1881.

Mit Vortheil wendet man beide Verfahren an. Die basischen Chlorüre, welche ziemlich viel Calciumchlorat enthalten, werden durch warmes Wasser zerlegt, die Lösung von Chlorcalcium und Calciumchlorat wird nach der Trennung von dem Kalk bis zur Krystallisation des Chlorcalciums eingedampft. Aus diesen so angereicherten Lösungen von Calciumchlorat lassen sich durch Zusatz von Chlorkalium erheblich größere Mengen Kaliumchlorat erhalten, als nach dem früheren Verfahren.

Zur Herstellung von Natriumchlorat setzt man Natriumsulfat zu und scheidet den dann in Lösung befindlichen Kalk durch Zusatz von Soda ab. Beim Eindampfen der Lösung setzt sich erst Chlornatrium ab, das durch Auswaschen von anhaftendem Chlorat befreit wird.

### Jod.

Gewinnung von Jodkalium aus Varec; von E. Allary und J. Bellieux<sup>1)</sup>. Die Verf. suchen die bei dem früheren Verfahren nothwendige Abscheidung von Jod zu umgehen und verfahren zu diesem Zweck wie folgt: Die bis auf 45° B. concentrirten Rückstandslaugen, welche bei der Gewinnung von Kaliumchlorid und Sulfat aus Varec resultieren, werden in einem geeigneten Flammofen zur Trockne eingedampft und in demselben Ofen die abgeschiedenen Salze bis zur vollständigen Entschwefelung unter Einwirkung von Luft calciniert, wobei kein Jodverlust statthaben soll. Ist die Oxydation der vorhandenen Schwefelverbindungen eine vollständige geworden, so wird das Salz herausgezogen, zerkleinert und in einem kleinen Schand'schen Apparat mit kaltem Wasser methodisch ausgelaugt. Die an Jodiden sehr reiche Lauge wird in einem Ofen mit Oberfeuerung zur Trockne eingedampft, wobei ein weißes an Jodiden sehr viel reicheres, etwa 50% haltendes Salzgemisch resultiert. Dasselbe wird gepulvert und in einem großen bald als Extraktor, bald als Destillationsapparat funktionierenden Digestor eingetragen, um hier einer kontinuierlichen Auslaugung mit warmem Alkohol unterworfen zu werden, wobei die Jodide von dem Wasser des Alkohols aufgenommen werden und in der Blase des Apparates sich ansammeln. Nach

1) Jacobsen, Chem. techn. Repertorium 1882 S. 155.

Erschöpfung der Salzmasse wird der Alkohol durch Destillation aus demselben Apparate wiedergewonnen. Das so erhaltene Salzgemisch besteht durchschnittlich aus etwa 34 Proc. Kaliumjodid und 66 Proc. Natriumjodid. Um nun dasselbe vollständig in Jodkalium, welches allein Handelswerth besitzt, überzuführen, fügt man dem Gemenge in gesättigter Lösung eine dem vorhandenen Natriumjodid äquivalente Menge Pottasche, gleichfalls in gesättigter Lösung zu und leitet einen Strom kalter Kohlensäure durch. Es scheidet sich auf diese Weise sämtliches Natrium als Dicarbonat krystallinisch ab, während alles Kalium als Jodid in Lösung bleibt. Man erhält die letztere klar mit Hülfe einer Filterpresse. Das noch in sehr geringen Mengen in der Lösung gebliebene Natriumbicarbonat kann durch Zusatz einer vorher zu ermittelnden Quantität von Salzsäure zersetzt, und das Natrium als Chlorid abgeschieden werden. Man erhält so eine fast vollkommen reine Lösung von Kaliumjodid mit nur Spuren von Natriumchlorid, die sich übrigens ebenfalls durch fractionierte Krystallisation noch abscheiden lassen.

Phosphoniumjodid bildet sich, wie Oppenheim gefunden, beim Erhitzen von Phosphor mit wässriger Jodwasserstoffsäure auf  $160^{\circ}$ . Neuerdings hat Alb. Damoiseau<sup>1)</sup> den Mechanismus der Reaction des Phosphors auf Jod- und Bromwasserstoffsäure durch eine Reihe von Versuchen aufzuklären gesucht. Leitet man Jodwasserstoffgas über weißen Phosphor, so schmilzt derselbe und es entsteht Phosphorbijodid und Phosphoniumjodid (neben geringen Mengen amorphen Phosphors) nach der Gleichung  $5P + 8HJ = 2PH_4J + 3PJ_2$ . Auf amorphen Phosphor wirkt Jodwasserstoffgas selbst bei  $100^{\circ}$  nicht ein. Bringt man weißen Phosphor in concentrirte Jodwasserstofflösung, so scheidet sich nach mehreren Stunden Jodphosphonium und Phosphordijodid ab. Bringt man jedoch überschüssigen Phosphor in Jodwasserstoffsäurelösung, so wird bald durch die der Lösung entzogene Säure die Lösung so verdünnt, daß das Phosphordijodid sich in phosphorige Säure und Jodwasserstoff zersetzt, die wieder auf den Phosphor wirkt, so

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880 Bd. 13 S. 2410 nach Compt. rend. t. 91 p. 883.

daß schließlich neben phosphoriger Säure nur Phosphoniumjodid vorhanden ist, bis die Lösung verdünnt genug wird, um auch dieses zu zersetzen. Leitet man nun in die Flüssigkeit Jodwasserstoffgas, oder bringt man auch nur Jod und Phosphor abwechselnd hinein, so gesteht bald die Flüssigkeit zu einer festen Masse von phosphoriger Säure und Phosphoniumjodid. Man kann auch diese Reaction zur Darstellung von Phosphoniumjodid benutzen, indem man in 22 Theile in der Kälte gesättigte Jodwasserstoffsäure 10 Theile Phosphor bringt, nach einigen Stunden 2 Theile Jod hinzufügt und die Masse an der Saugpumpe mit gesättigter Jodwasserstoffsäure absaugt. Auf Bromwasserstoffsäurelösung reagiert der Phosphor nicht in der Kälte, aber beim Erhitzen in geschlossenem Rohr auf 100—120° entsteht Phosphoniumbromid, welches in den oberen Theil der Röhre sublimiert.

### Fluor.

Freies Fluor im Flußspath von Wölsendorf. Obwohl die Natur der stark riechenden Substanz im violett-schwarzen Flußspath von Wölsendorf schon öfters Gegenstand der Untersuchung gewesen ist, hat die Frage nach der Ursache des Geruchs doch bis heute noch nicht eine befriedigende Lösung gefunden. Schafhäutl nahm einen Gehalt von unterchlorigsaurem Kalk, Schrötter Ozon, Schönbein Antozon an.

Als Löw<sup>1)</sup> kürzlich die Flußspathgänge bei Wölsendorf besuchte und den auf's evidenteste an Chlorgas erinnernden Geruch beim Zerschlagen des Minerals wahrnahm, gelangte er zu der Annahme, daß hier freies Fluor vorliege, welches seine Entstehung der Dissociation einer geringen Menge eines beigemengten fremden Fluorids verdanke.

Wenn man die von Schrötter gemachten Beobachtungen in Erwägung zieht, so muß es auffallen, daß dieser Forscher noch auf seiner Vermuthung, daß hier Ozon vorliege, beharren konnte, nachdem er gefunden, daß eine Temperatur von 310° den Geruch nicht zerstörte. Schrötter zeigte weiter, daß der Geruch beim Zusammenreiben des Minerals mit Kalilösung sich bedeutend verändere, daß, mit Schwefel verrieben, ein Ge-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 1144.

ruch nach Chlorschwefel entstehe, daß ferner jener riechende Stoff Chlor aus Chlornatrium, Jod aus Jodkalium ausscheide. — Alle diese Beobachtungen bestätigt Löw, überdies beobachtete er, daß beim Verreiben des Minerals mit verdünntem Kali eine Lösung erhalten wird, welche wie Hypochlorit Indigolösung fast momentan entfärbt.

Um die Richtigkeit seiner oben ausgesprochenen Vermuthung zu prüfen, zerrieb Löw ca. 1 Kilogr. des Minerals in kleineren Portionen unter Befeuchtung mit ammoniakhaltigem Wasser und benutzte Filtrat und Waschwasser so lange, als es alkalisch reagierte, stets wieder beim Verreiben der folgenden Portion. Das letzte Filtrat wurde mit etwas Natriumcarbonat versetzt, eingedampft, der Rückstand in einer Platinschale mit concentrirter Schwefelsäure übergossen und mit einer Glasschale bedeckt, längere Zeit einer Temperatur von 40—50° ausgesetzt. Das Resultat war eine sehr bedeutende Corrosion des Glases und damit hält Löw seine Ansicht für bewiesen.

Ueberdies wurden noch mehrere Controlversuche in der eben beschriebenen Weise sowohl mit nicht riechendem Flußspath als solchem riechenden, der bereits einmal mit Ammoniak behandelt war, angestellt, da der Flußspath im Wasser nicht ganz unlöslich ist und in der That wurde auch hier eine Reaction erhalten. Dieselbe war aber so außerordentlich schwach, daß hieraus kein ernstlicher Einwurf abgeleitet werden kann.

Die nächste Frage war nach der Natur des Fluorids, aus welchem das freie Fluorid stammte. Da die dunkle Flußspathvarietät von strahlig-krySTALLINISCHER Beschaffenheit, wie sie bei Wölsendorf vorkommt, Cer enthält, so vermuthet Löw, daß das Cerfluorid die gesuchte Substanz ist. Dasselbe soll in Verbindung mit Fluorcalcium bei niederer Temperatur abgeschieden worden sein und später mit der allmählichen Erhöhung der Temperatur der Umgebung eine Dissociation in Fluorür und Fluor erfahren haben, ähnlich wie das Mangantetrachlorid schon bei gewöhnlicher Temperatur dissociirt.

Die Vermuthungen Löw's finden eine Stütze in den Beobachtungen B. Brauner's<sup>1)</sup>, welcher sich mit der Unter-

1) Ber. d. deutsch. Chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 1944.

fuchung einiger von den Peroxyden derivirender höherer Fluoride beschäftigte und unter anderen das Certetrafluorid  $CeF_4 + H_2O$  und sein Doppelsalz  $3KF, 2CeF_4 + 2H_2O$  darstellte. Beide Salze entwickelten, wenn sie zuerst zur Entfernung des Wassers gelinde, dann in bedecktem Tiegel stärker erhitzt wurden, ein Gas, welches einen von dem der wasserfreien Flußsäure ganz verschiedenen, charakteristischen, an Chlor oder unterchlorige Säure erinnernden Geruch besaß. Auch das wasserfreie Bleitetrafluorid und sein Doppelsalz mit Kaliumfluorid gaben unter Bildung von Bleidifluorid das dem Chlor ähnlich riechende, die Respirationsorgane sehr belästigende Gas. Brauner will später weiter erörtern, ob dieses Gas freies Fluor ist oder nicht.

Barenne<sup>1)</sup> beobachtete beim Kochen einer Mischung von Flußsäure mit Ammoniumbichromat die plötzliche Entwicklung eines Gases von charakteristischem Geruch, welches die Ränder des zur Ausführung der Operation dienenden Plattingefäßes angriff. Er vermuthet, daß dieses Gas freies Fluor sei, da bei der Einwirkung von Salzsäure auf Chromate Chlor entweicht.

Fluorwasserstoffsäure. Mallet<sup>2)</sup> hat in sehr sorgfältiger Weise die Dampfdichte der Fluorwasserstoffsäure bestimmt und findet das Gewicht von 1 Liter bei 0° und 760 Millim. Luftdruck 1,750 Gr., und sonach das specifische Gewicht ( $H = 1$ ) 19,66, so daß das Molekulargewicht 39,32 wird. Somit wird das Molekül der Fluorwasserstoffsäure bei 30° im dampfförmigen Zustand nicht durch HF, sondern durch  $H_2F_2$  dargestellt.

### Stickstoff.

Ueber die synthetische Darstellung von Ammoniak aus Wasserstoff und Stickstoff in Gegenwart von Platinschwamm theilt G. S. Johnson<sup>3)</sup> Folgendes mit. Ammoniak bildet sich, wenn ein Gemisch von Wasserstoff und

1) Compt. rend. t. 91 p. 989.

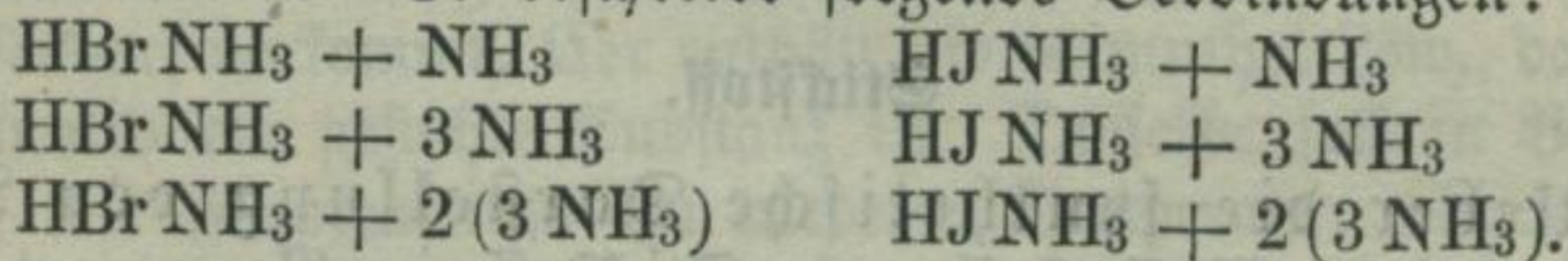
2) Beiblätter zu den Annalen der Physik u. Chemie 1881 Bd. V S. 756.

3) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 1102 nach Chem. Soc. J. 1881 I. p. 128.

Stickstoff über zur Rothgluth erhitzten Platinschwamm streicht, der mit Wasserstoff beladen ist. Die Menge beträgt mehrere Milligramm in der Stunde. Der Stickstoff muß zu diesem Versuch aus einer Lösung von Ammoniumnitrit oder von Kaliumnitrit und Salmiak entwickelt und mittels Eisensulfat von allen Dryden befreit werden. Das letztere wird durch besondere Versuche mittels einer gewogenen Menge metallischen Kupfers festgestellt. Der Stickstoff, welcher durch Ueberleiten von Luft über glühendes Kupfer dargestellt wird, ist nicht im Stande Ammoniak zu bilden; ebensowenig der aus wässriger Lösung gewonnene, wenn er, bevor er mit dem Platin und Wasserstoff in Berührung kommt, auf die Temperatur der Rothglut erhitzt wird. Es scheint demnach, daß der Stickstoff ähnlich wie der Phosphor, in zwei Modifikationen existiert, einer aktiven und einer inaktiven, welche letztere durch Erhitzen entsteht.

W. Müller in Antwerpen und E. Geisenberger in Brüssel <sup>1)</sup> (vergl. D. R.-P. No. 11489) wollen Feuergase mittelst Kalk von Kohlensäure befreien, ferner über glühenden Koks Wasserdampf leiten und den so erhaltenen Wasserstoff mit dem Stickstoff der Feuergase mittelst durchschlagender elektrischer Funken zu Ammoniak verbinden.

Verbindungen des Ammoniaks mit Brom- und Jodwasserstoffsäure. L. Troost hat früher (dies. Jahrb. Bd. 16 S. 287) verschiedene Verbindungen zwischen Salzsäure und Ammoniak durch Zusammenleiten der Gase dargestellt. Jetzt sind auf dieselbe Weise gewonnene Verbindungen des Ammoniaks mit Brom- und Jodwasserstoffsäure von ihm <sup>2)</sup> dargestellt worden. Er beschreibt folgende Verbindungen:



Die Ammoniakmengen der atmosphärischen Luft. Die Zufuhr von Stickstoffverbindungen, welche der Ackerboden aus der Atmosphäre erhält, war bisher einzig aus den Mengen von Ammoniak und Salpetersäure bestimmt worden, welche von den Regenwässern niedergeführt werden. Vor eini-

1) Wagner's Jahresber. 1881 Bd. 27 S. 292.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 992.



gen Jahren hatte aber Schloefing nachgewiesen, daß mit den Niederschlägen nur das salpetersaure Ammoniak dem Boden zugeführt werde, während das kohlen-saure Ammoniak vom Regen nur zum Theil gefällt werde, so daß ein Theil stets in der Atmosphäre zurückbleibe. Von diesem Ammoniak der Atmosphäre wird nun, wie Schloefing gezeigt, eine bestimmte Menge vom Boden direkt absorbiert, und da es hier sich zu Salpetersäure oxydiert, bleibt der Boden immer fähig, weitere Ammoniakmengen zu absorbieren, so daß auf diesem Wege durch die Ammoniakabsorption dem Boden pro Hectare Oberfläche 63 Kilogr. Stickstoff im Jahre zugeführt werden. Daß diese für die Pflanzenernährung so wichtige Absorption des Ammoniaks nicht für alle Bodenarten eine gleiche sei, lehrt schon die tägliche Erfahrung, nach welcher Sandböden eine häufigere und stärkere Zufuhr stickstoffhaltigen Düngers bedürfen als Lehm- und Thonböden. Es wäre daher praktisch von hohem Interesse, genau festzustellen, wie viel Ammoniak die einzelnen Bodenarten der Atmosphäre im Laufe eines Jahres entziehen. Einen ersten Versuch nach dieser Richtung machte R. Heinrich<sup>1)</sup>, indem er das Maximum des Ammoniaks festzustellen suchte, das überhaupt aus der Atmosphäre aufgenommen werden kann, und dieses Maximum glaubte er am sichersten ermitteln zu können, wenn er als absorbierenden Körper eine wässrige Lösung von Salzsäure wählte.

Die Versuche, die bisher 2 Jahre fortgeführt worden sind, waren in folgender Weise angestellt: In einem Glasgefäße von 5 Cm. Höhe und 78,5 Ccm. Oberfläche blieb eine 20prozentige Salzsäurelösung je einen Monat der freien Luft ausgesetzt; vor einfallendem Regen war das Gefäß durch ein Dach geschützt, während Luft und Wind freien Zutritt hatten. Das Gefäß stand im Freien auf einer berasteten Bodenfläche, vom isoliert stehenden Gebäude der Versuchstation zu Rostock 42,5 Met. und von den ersten Häusern der Stadt etwa 1000 Met. östlich entfernt; 11000 Met. nördlich vom Beobachtungsorte befindet sich das Ufer der Ostsee. Je nach einem Monate wurde die Salzsäure zur Trockene verdampft und im Rückstande das Chlorammonium bestimmt.

1) Naturforscher 1882. S. 174 nach Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik Bd. IV S. 446.

Die Ergebnisse der zweijährigen Beobachtungen sind von Heinrich in einer Tabelle zusammengestellt, in welcher alle wichtigeren, meteorologischen Momente mit angeführt sind (aus der späteren Zeit der Beobachtung sind auch noch die Stickstoffmengen bestimmt, die im Regen und Schneewasser in Form von Ammoniak enthalten waren). Die Zahlen dieser Tabelle lehren nun zunächst, daß die von der angegebenen Salzsäure-Flüssigkeit absorbierte Ammoniakmenge sehr verschieden ist, je nach der Jahreszeit, zu welcher die Bestimmung erfolgte. Die Mittelwerthe der beiden Jahre ergaben im Jahre 24,068 Milligr. Stickstoff als dem Boden durch Ammoniakabsorption pro 78,5 Decm. Fläche zuführbar, und für die einzelnen Jahreszeiten wurden folgende Mengen gefunden; im Winter 2,012 Milligr. Stickstoff, im Frühling 6,712, im Sommer 9,767 und im Herbst 4,678. War schon hieraus der Zusammenhang der absorbierten Ammoniakmengen mit der Temperatur ersichtlich, so zeigte er sich deutlicher noch in den einzelnen Monatsmitteln, welche lehren, daß die Monate mit aufsteigenden Temperaturen eine relativ höhere Ammoniakabsorption zeigen, als die gleich warmen Monate mit absteigenden Temperaturen.

Wenn aber die wärmeren Monate diejenigen sind, welche den höchsten Ammoniakgehalt der Atmosphäre aufweisen, so darf man nicht, wie es Schloesing gethan, aus Beobachtungen, die man während einiger Wochen im Sommer angestellt, Rückschlüsse machen auf das ganze Jahr.

Auffallend war unter den Zahlen der Tabelle die geringe Menge im August 1880, in welcher Zeit auffallend ruhiges Wetter herrschte, und Süd- oder Südwestwind ganz fehlten.

Aus den Werthen der Ammoniakmengen bei den verschiedenen Winden kann gefolgert werden, daß die Quelle für den Ammoniakgehalt der Luft nicht im Meere zu suchen sei, sondern vielmehr in der vom Festlande herbeiwehenden Luft.

Es dürfte wohl nicht statthast sein, aus den hier ermittelten Werthen der Ammoniakabsorption durch eine kleine Salzsäure-Oberfläche Schlüsse zu ziehen auf die Mengen, welche der Boden der Luft entzieht. Aber es ist interessant, diese Zahlen mit den von Schloesing gefundenen zu vergleichen. Die 78,5 Decm. Salzsäure-Oberfläche absorbierten im Jahre 24,068 Milligr. Ammoniak, somit würde eine solche Oberfläche

von 1 Hektare Ausdehnung im Jahre etwa 30,6 Kilogr. Stickstoff absorbieren. Schloefing hingegen berechnete aus seinen Versuchen eine Stickstoffabsorption durch den Boden von 63 Kilogr. im Jahre, Würde man für die Berechnung nicht den Jahresdurchschnitt, sondern das Monatsmittel des Juni zu Grunde legen, so würde sich daraus pro Jahr 48,732 Milligr. und pro Hektare 62,1 Kilogr. berechnen, oder fast so viel, als Schloefing gefunden. Legt man andererseits die Stickstoffabsorption der Salzsäure im Monat Februar zu Grunde, so erhält man pro Hektare und Jahr 15,1 Kilogr. Stickstoff. Diese Zahlen beweisen, daß die Bestimmung der Absorptionsfähigkeit der Bodenarten für das atmosphärische Ammoniak im ganzen Jahr hindurch ausgeführt werden muß, wenn man die wirkliche Absorptionsgröße erhalten will.

Künstliche Erzeugung der Salpetersäure<sup>1)</sup>. Die bekannte Thatsache, wonach Stickstoff und Sauerstoff bei Gegenwart von Wasserdampf unter der Einwirkung des elektrischen Funkens in Salpetersäure übergehen können, ist seinerzeit von Frémy und Becquerel in entscheidender Weise dadurch bestätigt worden, daß sie den Funkenstrom der Ruhmkorff'schen Induktionsspirale auf ein Gemisch von Luft und Wasserdampf wirken ließen. Seitdem nun die elektromagnetischen Maschinen eine so erhebliche Verbesserung erfahren haben, hat man das Problem der künstlichen Salpeterbildung von technischer Seite aus von neuem aufgenommen. Man läßt danach in einer Reihe geschlossener Gefäße, welche von atmosph. Luft durchströmt werden, den elektrischen Funken auf den Luftstrom einwirken, wodurch zunächst Untersalpetersäure entsteht, die von dem Luftstrom nach einer von Kalilauge durchströmten Absorptionskolonne hingeführt wird. Da Gas- und Flüssigkeitsstrom einander entgegengerichtet sind, so soll die unten abfließende Lauge eine ziemlich concentrirte Kaliumnitratlösung darstellen.

Ubersalpetersäure. Wir haben im vorigen Jahrgange (B. 17, S. 315) die Beobachtungen mitgetheilt, welche Hautefeuille und Chappuis zu der Annahme führten, daß beim Ozonisieren eines trocknen Gemenges von Sauerstoff und Stickstoff ein neues Oxid des Stickstoffs entsteht, welches reicher an Sauerstoff ist, als das Anhydrid der Salpetersäure,

1) Jacobsen's chem. techn. Repertorium 1881 S. 156.

und als Uebersalpetersäureanhydrid bezeichnet wurde. Nach neueren Beobachtungen über die Contraction des Gases schreiben die Genannten <sup>1)</sup> der neuen Verbindung die Formel  $\text{NO}_3$  zu.

### Kohlenstoff.

Das Äquivalent des Kohlenstoffs wurde von H. E. Roscoe <sup>2)</sup> durch Verbrennung von Diamanten vom Cap bestimmt; dieselben enthielten keine Spur Wasserstoff, dagegen geringe Spuren von Asche. Sechs absolut miteinander übereinstimmende Versuche ergaben das Atomgewicht des Kohlenstoffs = 11,97 (in den Compt. rend. steht infolge eines Druckfehlers 11,07), wenn  $\text{H} = 1$ , oder 12,002, wenn  $\text{O} = 16$  angenommen wird.

Eine Verbindung der Kohlensäure mit Wasser wurde von S. Broblewsky <sup>3)</sup> erhalten. Komprimiert man bei  $0^\circ$  Kohlensäure in Berührung mit Wasser, so schwimmt die sich kondensierende Kohlensäure als leichtere Flüssigkeit auf dem Wasser. Wenn man aber die Kohlensäure bis fast zur Verflüssigung komprimiert und dann den Druck etwas nachläßt, so daß eine Spur festen Körpers sich bildet, so beobachtet man bei ganz bestimmtem Druck, den Broblewsky als kritischen Druck bezeichnet, im Gefäß einen undurchsichtigen Reif, der bei größerer Verminderung des Druckes verschwindet. Der kritische Druck beträgt bei  $0,9^\circ = 12,7$ , bei  $2,7^\circ = 16,7$ , bei  $3,6^\circ = 17,9$ , bei  $5,3^\circ = 21,8$ , bei  $6,1^\circ = 23,3$ , bei  $6,8^\circ = 26,1$  Atmosphären. Bei vermehrtem Druck erhält sich der feste Körper beliebig lange. Luft und Wasser zeigen die Erscheinung beim Zusammenpressen nicht. Nach Broblewsky ist der feste Körper ein Kohlensäurehydrat, dessen Zusammensetzung bei  $0^\circ$  und 16 Atmosphärendruck der Formel  $\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$  entspricht. Da die Mengenverhältnisse zwischen Kohlensäure und Wasser ohne Einfluß auf den kritischen Druck sind, nimmt Verf. an, daß nur ein solches Hydrat existiere.

1) Comp. rend. 1882 t. 94 p. 1306.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 1435 nach Compt. rend. 1882 t. 94 p. 1180.

3) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 726 u. 1183 nach Compt. rend. 1882 t. 94 p. 212, 954.

Ueber den normalen Kohlensäuregehalt der Atmosphäre. Die Aufgaben, welche die Wissenschaft in Betreff der Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre zu lösen hat, präcisirte Dumas<sup>1)</sup> in einer der Pariser Akademie vorgetragenen Mittheilung, welche den jetzigen Stand dieser Frage darstellt, wie folgt:

Unter den Gasen, welche die Atmosphäre enthält, bietet eins ein besonderes Interesse sowohl wegen der Rolle, die man ihm in der Wechselwirkung der beiden organischen Reiche zuschreibt, wie wegen der Beziehungen, die man in Betreff desselben zwischen der Erde, der Luft und dem Wasser beobachtet; es ist dies die Kohlensäure.

Seitdem man festgestellt hat, daß die Thiere Sauerstoff verbrauchen und Kohlensäure als Produkt ihrer Athmung ausscheiden, während die Pflanzen Kohlensäure verbrauchen und Sauerstoff ausscheiden, hat man sich oft die Frage vorgelegt, ob die Menge der in der Luft enthaltenen Kohlensäure nicht eine Art von Ernährungs-Reservoir darstelle, das unaufhörlich von den Pflanzen verbraucht und von den Thieren wieder ersetzt wird, so daß dasselbe zweifellos seit lange durch diese doppelte Einwirkung in einen bleibenden Zustand versetzt worden ist. Auf der anderen Seite scheiden, wie durch Boussingault seit langer Zeit bewiesen ist, die vulkanischen Terrains durch ihre Spalten und Eruptionsoffnungen Kohlensäure in enormen Mengen aus. Die Ablagerungen von Kalkcarbonat, die sich beständig am Meeresgrunde bilden, fixieren hingegen Mengen, von deren Bedeutung uns die an der Erdoberfläche vorhandenen Kalkschichten eine richtige Vorstellung geben. Man kann sich denken, daß neben den großen Volumen Kohlensäure, welche die vulkanischen Terrains, selbst die ältesten, in die Luft entsenden, und den Massen von Kalkcarbonat, die sich am Meeresgrunde niederschlagen, die Resultate, die man der Thätigkeit der Thiere und der Pflanzen zuschreibt, weder für die Herbeischaffung, noch für die Entfernung der physiologischen Kohlensäure in der Luft eine Bedeutung haben, die vergleichbar wäre mit den Effekten, welche durch den rein geologischen Austausch herbeigeführt werden.

1) Naturforscher 1882 S. 157 nach Compt. rend. t. 94 p. 589.

In jüngster Zeit hat Schloefing durch eine glückliche Anwendung des Dissociations-Princips gezeigt, daß die in der Luft enthaltene Kohlensäuremenge in Beziehung stehe zu der Menge Kalkbikarbonat, die in dem Meerwasser gelöst ist. Wenn die Dosis der Kohlensäure abnimmt, zerfällt das Kalkbikarbonat des Meeres; die Hälfte seiner Kohlensäure geht in die Atmosphäre, und das neutrale Kalkcarbonat schlägt sich nieder. Der Wasserdampf der sich in der Luft kondensiert, führt seinerseits einen Theil der hier befindlichen Kohlensäure mit sich und indem er als Regen auf die Erde fällt, nimmt er hier den für die Bildung des Bikarbonats nothwendigen Kalk auf, das sich zum Meere zurückbeiebt.

Die physiologische Rolle der Kohlensäure, ihr geognostischer Einfluß, und ihre Beziehungen zu den gewöhnlichsten, meteorologischen Erscheinungen an der Erdoberfläche, alles führt dahin, eine ganz besondere Wichtigkeit den Studien zu verleihen, welche sich mit der Bestimmung der normalen Kohlensäure-Menge in der Luft beschäftigen.

Diese Bestimmung bietet jedoch große Schwierigkeiten. Der erste Gedanke, der sich einstellt, wäre, in einem Gefäße ein bekanntes Volumen Luft einzuschließen, und die Kohlensäure, die sich darin befindet, zu messen oder zu wägen.

Man hätte so für den gegebenen Ort und Moment genau das Verhältnis zwischen dem Luftvolumen und dem Volumen der in derselben enthaltenen Kohlensäure. Hierbei muß man jedoch um die Fehlerquellen einzuschränken ein großes Luftvolumen in Anwendung bringen.

Infolge dessen kam man darauf, durch Kondensatoren, welche im Stande sind, die Kohlensäure festzuhalten einen Luftstrom zu leiten, dessen Volumen man nach bekannten Methoden genau bestimmen kann.

In diesem Falle aber muß der Durchgang langsam sein, das Verfahren verlängert sich über mehrere Stunden und da die Luft unaufhörlich bewegt ist durch vertikale und horizontale Strömungen, so kann der Versuch, der mit der Luft eines Ortes angefangen wurde, in Wirklichkeit mit Luft aufhören, die von einem andern sehr entlegenen Orte kommt.

So lange man nicht analytische Methoden von hinreichender Empfindlichkeit gefunden hat, um mit Sicherheit Hun-

dertstel oder wenigstens Zehntel eines Milligrammes Kohlen- säure nachzuweisen, wird es also sehr schwierig sein, ihre Menge in der Luft an einem gegebenen Ort zu gegebener Zeit nachzu- weisen. Man wird oft in der Lage sein, in der Ebene Luft zu untersuchen, die aus Höhen herabgestiegen ist, und bei hellem Tage Luft zu analysieren, die in der Atmosphäre den Einfluß der Nacht erfahren.

Noch andere Schwierigkeiten zeigen sich bei derartigen Studien. Es scheint sehr leicht die Kohlen- säure in Kali- Röhren zu sammeln und ihre Mengen durch die Differenz der Gewichte dieser Röhren vor und nach der Absorption des Gases zu be- stimmen; aber wie vielen Fehlerquellen ist man bei dieser Methode ausgesetzt? War das Kali mit irgend welcher or- ganischen Substanz in Berührung, so wird es Sauerstoff ab- sorbieren. Enthält der Bimstein, der die Kalilösung vertheilen soll, Eisenorydul, so wird er gleichfalls Sauerstoff absorbieren. In beiden Fällen wird der Sauerstoff das Gewicht der Kohlen- säure vermehren.

Jeder Experimentator, der gezwungen war, etwas kom- plizierte Apparate zweimal nach mehrstündigem Intervall zu wägen, weiß, wie vielen Ungenauigkeiten er ausgesetzt ist, wenn man den Aenderungen der Temperatur, des Luftdruckes und der Feuchtigkeit an der Oberfläche der Apparate Rechnung tragen muß. Nachdem man, und oft ohne Erfolg, gegen die Schwierigkeiten gekämpft, welche derartige Bestimmungen dar- bieten, kommt man dahin, jeder Angabe zu mißtrauen, die nur auf Gewichts- differenzen beruht, und die Methoden vorzuziehen, welche die Substanz, deren Menge man bestimmen will, zu isolieren gestatten, so daß man sie sehen, fassen, sie wägen oder messen kann in freiem Zustande und in ihrer natürlichen Gestalt.

Jeder kennt die klassischen Versuche von Thenard, von Th. de Saussure, von Boussingault über den Gehalt der Kohlen- säure in der Luft; sie brauchten nur geordnet und vermehrt zu werden.

J. Reiset, der hierüber lange und mühevollen Unter- suchungen ausgeführt hat, blieb bei einem Verfahren stehen, das alle Garantien der Genauigkeit gewährt. Die Luft, welche die Kohlen- säure liefert, wird durch die Absorptionsapparate mittels zweier Aspiratoren von 600 L. Kapazität geleitet. Die

Temperatur und der Druck dieser Luft werden genau gemessen. Die Kohlensäure wird von Barytwasser absorbiert, das in 3 Kugelapparaten enthalten ist. Die letzte Kugel, die zur Kontrolle dient, bleibt klar und beweist, daß sich kein Baryumbioryd bildet. Da man den Titer des benutzten Barytwassers kennt, bestimmt man mit Schwefelsäure den Titer des über dem gebildeten Karbonat befindlichen Barytwassers, und daraus leitet man die Menge des erhaltenen Karbonats und folglich die der Kohlensäure ab. Diese mühsamen Versuche, deren Dauer in Betreff der Zeit für das Durchgehen der Luft zwischen 6 Stunden und 25 Stunden variiert hat, erfordern mindestens zwei Tage anhaltender Arbeit. Sie sind von Reiset 193 mal wiederholt worden in den Jahren 1872, 1873 und 1879. Sie wurden angestellt bei ruhigem Wetter, bei heftigen Winden und bei Stürmen. Die Luft wurde am Rande des Meeres, mitten auf dem Felde, zu ebener Erde, während der Ernten, im Walde und in Paris gemessen.

Unter diesen so mannigfachen Bedingungen schwankte der Kohlensäuregehalt wenig; er hielt sich zwischen 2,94 und 3,1 Vol. pro 10000 Vol. Luft, welche Zahlen man für große Mittelwerthe halten muß, wegen des weiten Raumes, der die Luft geliefert.

Wenn es sich um die freie Atmosphäre handelt, scheint also die Menge Kohlensäure, welche sie enthält, ziemlich beständig, wie dies auch der Fall sein muß nach der von Schloesing hervorgehobenen Beziehung zwischen dem Kalibicarbonat des Wassers der Meere und der Kohlensäure der Luft. Die einzige Ursache, welche geeignet zu sein scheint, die geologische Menge der Kohlensäure der Atmosphäre variieren zu lassen, besteht in der Bildung des Nebels. Indem der Wasserdampf sich kondensiert, sammelt er die Kohlensäure, und die neblige Luft zeigt sich in der Regel mehr mit diesem Gase beladen, als die gewöhnliche Luft. Daß übrigens die Kohlensäure in geringerer Menge enthalten ist in der Luft, die inmitten von Alee und Luzerne bei hellem Tage im Sommer gesammelt worden, d. i. in einem lebhaften Reduktionsherde, ist nicht überraschend; wenn etwas in solchem Falle in Erstaunen setzt, ist es das, daß die Kohlensäure nicht unter 2,8 sinkt.

Ebenso muß man überrascht sein, daß in Paris inmitten so vieler Kohlensäure-Quellen: Verbrennungen auf den Herden,



Athmung der Menschen und Thiere, spontaner Zerfall organischer Substanzen, die Kohlensäure 3,5 nicht übersteigt. Denn, wenn das große Mittel, welches die normale, atmosphärische Kohlensäure giebt, wenig von 2,9 bis 3,0 abweicht, so ist es nicht zweifelhaft, daß unter lokalen Bedingungen, in abgeschlossenen Räumen und unter ausnahmsweisen meteorologischen Bedingungen, beträchtliche Schwankungen dieses Verhältnisses vorhanden sein können. Aber diese Schwankungen interessieren nicht die allgemeinen Gesetze von der Konstitution der Atmosphäre.

Es giebt also zwei scharf getrennte Gesichtspunkte, von denen aus man die Messung der Kohlensäure in der Luft auffassen kann.

Der erste besteht darin, daß man sie als geologisches Element betrachtet, das zur Gashülle der Erde im Ganzen gehört und er führt dahin, das allgemeine Verhältnis, das ihre Menge in der Luft ausdrückt, auf etwa 3 Vol. pro 10000 zu schätzen.

Der zweite, der sich auf die zufälligen und lokalen Erscheinungen bezieht, die hervorgehen aus der Thätigkeit der Thiere und der Pflanzen, aus der Wirkung der Oefen, der sich zersetzenden, organischen Substanzen, aus den vulkanischen Emanationen, endlich aus der Wirkung von Nebel und Regen, läßt die Aenderungen erkennen, welche in einer Luft, die den beschriebenen Einflüssen ausgesetzt ist, also in einer in gewissem Grade abgesperrten Luft eintreten kann. Ohne das Interesse zu läugnen, das er vom Standpunkte der Meteorologie und Hygiene darbietet, kann man diesem letzteren Gesichtspunkte nicht denselben Rang beimessen, wie dem ersten.

Die Versuche J. Reiset's haben durch ihre Zahl, ihre Genauigkeit, die Größe des Volumens, auf das sie sich beziehen, die Jahre, die zwischen ihnen liegen, in definitiver Weise zwei Wahrheiten festgestellt, denen die Erdgeschichte wird Rechnung tragen müssen: die erste ist, daß das Mengenverhältnis der Kohlensäure in der Luft sich kaum ändert; die zweite, daß es sich dem Volumen nach wenig von  $\frac{3}{100000}$  entfernt.

Diese Resultate werden voll bestätigt durch diejenigen, die in den Jahren 1868, 1869, 1870 und 1871 in Krostok

von Franz Schulze erhalten wurden; er hatte als Mittel mit sehr geringen Abweichungen für 1869 den Werth 2,8668, für 1870 den Werth 2,9052 und für 1871 den Werth 3,0126 angegeben.

In jüngster Zeit haben Münz und Aubin nach einem von ihnen angegebenen Verfahren die Luft analysirt, die in der Ebene bei Paris gesammelt war, und die, welche sie auf dem Pic du Midi und auf dem Gipfel des Puy-de-Dôme entnommen. Ihre Resultate stimmen mit denen, welche von J. Reiset und Schulze veröffentlicht wurden. Das große Mittel des Verhältnisses der Kohlensäure in der Luft scheint also ziemlich nahe fixirt zu sein: aber nachdem dieser Ausgangspunkt festgestellt ist, bleibt das Studium der Schwankungen, deren es fähig sein könnte, nicht durch lokale Ursachen, was von geringer Bedeutung ist, sondern durch allgemeine Ursachen, die an die großen Bewegungen der Atmosphäre geknüpft sind. Auf dieses Studium, welches das Zusammenwirken einer bestimmten Anzahl von Beobachtern erfordert, die auf verschiedenen und entlegenen Punkten der Erde stationirt sind, die gleichzeitig nach vergleichbaren Methoden arbeiten, lenken die Verf. die Aufmerksamkeit der Akademie und der Missionen, die beauftragt sind, an günstigen Stationen den Durchgang der Venus zu beobachten. Dies Verfahren und die von Münz und Aubin angewandeten Apparate liefern die Mittel, die für diese Bestimmungen geeignet sind, und scheinen ausreichen zu können für die Lösung des Problems, welches die Bestimmung des Verhältnisses der Kohlensäure der Atmosphäre in der Jetztzeit der Wissenschaft stellt.

Wenn diese Versuche, wie man Grund hat zu glauben, befriedigende Resultate geben, wird man es vielleicht für passend finden, an wohl ausgesuchten Punkten jährliche Beobachtungen zu organisieren, die nothwendig sind zur Bestimmungen der Schwankungen, welche die kommenden Jahrhunderte in diesem Verhältnisse möglicher Weise herbeiführen werden.

### Silicium.

**Glasfabrikation.** In der Glasindustrie sind in den letzten Jahren mehrfach bessere Betriebseinrichtungen eingeführt

worden, über welche die Ztschr. d. Ber. deutsch. Ingen.<sup>1)</sup> folgendes zusammenstellt.

Die Hauptbetriebsvorrichtung für die Glasfabrikation ist der Glasofen; bis vor wenigen Jahren hatte man nur Glasöfen mit Häfen. Der Betrieb derselben war meist ein intermittierender, d. h. der Ofen diente in kurzem Wechsel als Schmelz- und Arbeitsofen. Nur wenige Ofen hatten Häfen, welche gleichzeitig zur Schmelze und Arbeit dienten. Mit der Einrichtung dieser Hafensöfen sind große Ausgaben für Häfen und Kohlen, sowie Verluste an Arbeitszeit und Herdglas verbunden. Die intermittierende Benutzung dieser Ofen, welche verlangt, daß dieselben sich innerhalb jeder 24 und 30 Stunden eine gewisse Zeit lang in höchster Schmelztemperatur und während der übrigen Zeit in viel niedrigerer Arbeitstemperatur befinden, bringt viele der obigen Ausgaben und Verluste mit sich. Wenn die Schmelze beendet ist, muß der Ofen, um wenig Zeit zu verlieren, so rasch als möglich abgekühlt werden. An vielen Orten befördert man die Abkühlung durch Einschüren einer großen Menge Kohlen. Wenn die Arbeit beendet und das Gemenge eingelegt, ist der Ofen so kalt geworden, daß es mehrere Stunden dauert, bevor die Schmelzhitze erreicht ist. Durch wechselnde Erhitzung und Abkühlung leiden Ofen und Häfen. Die Glasgalle löst ferner den Thon des Hafens auf, wodurch das Glas verunreinigt und der Hafen zerstört wird. Waren die Ofen nicht besonders darauf eingerichtet, so verlor man meistens auch das Herdglas. Einen außerordentlichen Fortschritt machte man durch Einführung der Wannenöfen, also durch Beseitigung der Häfen. Diese Ofen hatten zuerst auch nur intermittierenden Betrieb, d. h. sie dienten in aufeinanderfolgenden Zeiten als Schmelz- und Arbeitsöfen. Friedrich Siemens baute zuerst die kontinuierlichen Wannen, welche zu gleicher Zeit als Schmelz- und Arbeitswannen dienen. Die Siemens'sche kontinuierliche Wanne hatte ursprünglich eine Brücke zur Trennung des zu schmelzenden Glases von dem blanken Glase. Diese Brücke war sehr schwer haltbar zu machen. Siemens wendet nun die besonders konstruierten Schwimmer an, welche aber auch sehr leicht von der Glasgalle aufgelöst werden, also das Glas verunreinigen.

1) Nach einer Mittheilung d. Deutsch. Industrieztg. 1882 S. 144.

In neuerer Zeit geht man dazu über, die Schmelzwanne ganz von der Arbeitswanne zu trennen, die Schmelze und Arbeit aber doch gleichzeitig stattfinden zu lassen. Zu diesem Zwecke muß man also getrennte Schmelz- und Arbeitsöfen bauen und das geschmolzene Glas von ersteren zu letzteren auf irgend eine Weise überführen. Dahingehende Versuche sind von G. Leuffgen in Brunshausen bei Hamburg gemacht. Die Resultate sollen sehr günstige sein, obgleich man, dem Vernehmen nach, wegen örtlicher Verhältnisse vorläufig von einer direkten Ueberführung des noch flüssigen Glases aus der Schmelz- in die Arbeitswanne absehen mußte. Leuffgen soll sogar noch Vortheile darin finden, das in einem drehbaren Wannenofen geschmolzene Glas auszugießen und in Hasenöfen alter Konstruktion wieder einzuschmelzen, um dasselbe dann zu verarbeiten.

Die Erhaltung der Schmelzhitze in dem Schmelzofen, das Einlegen des Gemenges unmittelbar nach dem Ausgießen des fertigen Glases und der sofortige Beginn einer neuen Schmelze müssen also große Vortheile an Zeit und Geld bieten, wenn dadurch die Kosten für die Wiedereinschmelzung des ausgegossenen, erkalteten Glases gedeckt werden können. Wenn man aber in einer besondern Schmelzwanne kontinuierlich schmelzen und aus einer besondern Arbeitswanne kontinuierlich arbeiten, also alle oben aufgezählten Vortheile ohne nochmalige Einschmelzung des fertigen Glases erreichen will, so ist folgende Anordnung anwendbar.

Man stellt die Schmelzwanne höher als die Arbeitswanne und in deren Nähe auf. Das blank geschmolzene Glas sticht man aus ersterer in letztere ab. Schmelze und Arbeit finden also gleichzeitig, aber in getrennten Räumen statt. In der Schmelzwanne ist immer Schmelzhitze, in der Arbeitswanne immer die zu der Arbeit nöthige Temperatur.

Eine größere Anlage dieser letztern Art ist im Herbst vorigen Jahres von dem Ingenieur Fürmann in Osnabrück auf der Glashütte der Herren Harbers, Schulze & Comp. in Oldenburg gebaut und anfangs Januar d. J. in Betrieb gesetzt. Die Anlage besteht aus zwei mit einander kombinierten Schmelzwannen, welche jedoch so von einander getrennt sind, daß man in jeder eine andere Sorte Glas schmelzen kann. Es sind deshalb auch zwei getrennte Arbeitswannen vorhanden;

das Produkt sind Flaschen. Jede Arbeitswanne hat 6 Arbeitsstellen, zusammen sind deren also 12 für 18 Glasmacher pro 12 stündige Schicht mit 10 Arbeitsstunden vorhanden. Es wird Tag und Nacht gearbeitet und genügen somit die jetzt vorhandenen Arbeitsöfen für 36 Glasmacher pro 24 Stunden. Man soll jedoch in den vorhandenen Schmelzwannen viel mehr Glas in 24 Stunden blank schmelzen können, als diese 36 Glasmacher verarbeiten, und beabsichtigt deshalb, noch mehr Arbeitsstellen zu schaffen. Der Abstich des Glases aus der Schmelzwanne in die Arbeitswanne macht gar keine Schwierigkeiten. Die Schwimmer oder Kränze in den Arbeitswannen können viele Monate halten, weil sie gar nicht mit Glasgalle in Berührung kommen. Nach dem Abstich wird sofort wieder neues Gemenge eingelegt, welches innerhalb 12 Stunden blank geschmolzen werden kann. Die Gase werden durch sogen. Gröbe-Vürmann-Generatoren erzeugt.

Eine dortige ältere Hafenofoenanlage mit denselben Generatoren, gleichfalls von dem Ingenieur Vürmann erbaut, ist kürzlich von diesem ebenfalls in eine Wannenofenanlage umgeändert worden. Aus dieser, welche 12 Arbeitsstellen für zusammen 24 Glasmacher hat, wird intermittierend gearbeitet, es wird also in demselben Raum geschmolzen, aus welchem gearbeitet wird. Die Schmelze dauert in dieser Wanne 15 bis 16 Stunden, die Arbeit 8 bis 9 Stunden. Der Kohlenverbrauch beträgt 4700 Kilogr. pro 24 Stunden. Es wird an Kohlen eine Mischung von 6 Theilen Grußflammenkohle aus Westfalen mit 1 Theil Piesberger Anthracit-Grußkohlen gebraucht. Es sind dies die zu erlangenden geringwerthigsten Kohlen dortiger Gegend.

Die befriedigenden Resultate der Wannenöfen, welche auch für die kleinsten Glashüttenbetriebe ausgeführt werden können, werden bald zu vielfachen Anwendungen derselben führen, weil sie wesentliche Vortheile gegenüber den Hafenoöfen haben.

Hohofenschlacke wird zur Glasfabrikation in England verwendet. <sup>1)</sup> Die Schlacke wird direkt vom Hohofen genommen und fließt in auf Wagen stehende Kästen ab, die bei-  
läufig 250 Kilo fassen. In diesen Kästen wird sie auf ziemlich

1) Wagner's Jahressber. Bd. 27. 1881, S. 28.

weite Entfernung zu der Glashütte transportiert und kommt daselbst in einen Siemens'schen Regenerator-Gasofen mit kontinuierlichem Betrieb und mit einem Wilson'schen Gasgenerator. Das Material wird zuerst auf einem vertieften Herde eingeschmolzen, fließt dann über eine Brücke in ein zweites, sogenanntes Sammelbassin und wird aus diesem von den Arbeitern durch eine Reihe von Löchern in gewöhnlicher Weise entnommen und zu Bouteillen und andern Artikeln in gebräuchlicher Weise verblasen. Howson und Wilson geben an, daß sie mit einem ihrer Gasgeneratoren keinen größeren Verbrauch als etwa 500 bis 600 Kilogr. Kohle für 1000 Schladenglas haben. In dem Schmelzherd werden der Schlacke Alkalien und Sand, färbende und entfärbende Materialien, je nach Bedarf, Qualität, Farbe und Zusammensetzung des benötigten Glases beigegeben. Die verwendete Schlacke ist von den Defen in Finedon in Northamptonshire bezogen, eine sehr kieselsäurehaltige Schlacke, wie aus nachfolgender Analyse zu ersehen ist:

|                   |       |
|-------------------|-------|
| Kieselsäure       | 38,00 |
| Thonerde          | 14,87 |
| Eisenoxydul       | 0,36  |
| Manganoxydul      | 0,39  |
| Kalk              | 38,19 |
| Magnesia          | 1,90  |
| Titansäure        | 1,00  |
| Kohlensaures Kali | 1,58  |
| Calciumsulfid     | 2,79  |
|                   | <hr/> |
|                   | 99,08 |

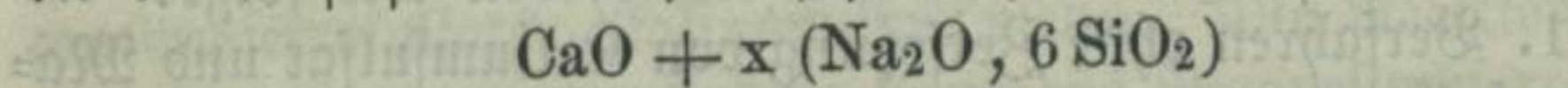
Um Flaschenglas von gleicher Qualität und von gleichem Aussehen wie das für französischen Champagner und Claret zu erzeugen, werden etwa 50 Proz. Schlacke verwendet. Für Flachglas findet dasselbe Verhältnis oder eher noch etwas weniger von Schlacken zugabe statt; bei Glas für schwere Artikel wird aber eine größere Menge Schlacke verbraucht. Die Bouteillen sind angeblich fester als die auf dem gewöhnlichen Wege erzeugten.

Ueber die Natur des Glases und die Berechnung der Glasfüße hat Dr. G. Wagener<sup>1)</sup> in Tokio

1) Dingler's pol. Journ. 1882 Bd. 243 S. 66 u. 152.

seine Beobachtungen und Ansichten mitgetheilt. Nach ihm ist Glas eine Lösung eines oder mehrerer feuerbeständiger Körper in einem Alkalisilikate. Soll das Glas widerstandsfähig werden, so muß das Lösungsmittel selbst widerstandsfähig sein, d. h. ein stark saures Alkalisilikat bilden, und entweder in genügender Menge vorhanden sein, um den gelösten Körper zu umhüllen und zu schützen oder der letztere — und dies giebt das beste Glas — muß selbst widerstandsfähig sein.

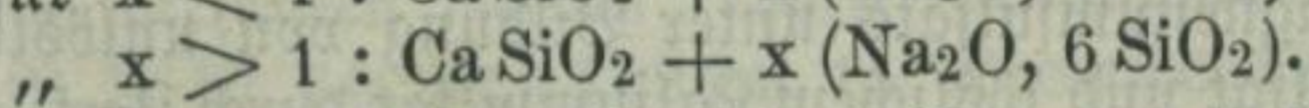
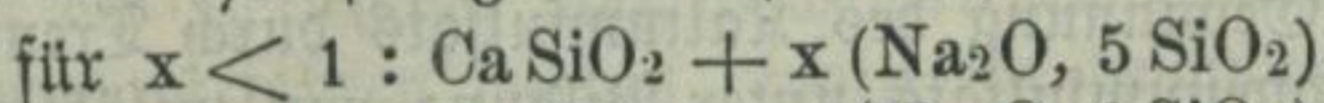
Wagener weist darauf hin, daß unter den von Weber untersuchten, bewährten Gläsern (Dies. Jahrb. Bd. 15 S. 303) die an Kieselsäure ärmsten sehr nahe eine der Formel



entsprechende Zusammensetzung besitzen und entnimmt daraus die Regel: gutes Glas muß so zusammengesetzt sein, als wäre es eine Lösung von Kalk in einer beliebigen (natürlich genügenden) Menge des Silicates  $\text{Na}_2\text{O}, 6 \text{SiO}_2$ .

Es ist nach Wagener rathsam, den Werth  $x$  in obiger Formel nur innerhalb der Grenzen 0,6 und 2 schwanken zu lassen. Wird  $x = 1$ , so gelangt man zu der dem Normalsatz  $\text{CaO}, 1 \text{Na}_2\text{O}, 6 \text{SiO}_2$  entsprechenden Formel.

Einen rationelleren Ausdruck erblickt Wagener in den folgenden von ihm für gute Gläser aufgestellten Formeln



Unter den Bleigläsern bezeichnet Wagener das der Formel  $\text{Na}_2\text{O}, \text{PbO}, 3 \text{SiO}_2$  entsprechende als „Normalglas“. Letzterem können behufs der Darstellung von Krystallgläsern Bleioxyd und Kieselsäure zugesügt werden, deren Mengen jedoch zu einander in dem Verhältnis von 1 Aeq. Bleioxyd zu 4 Aeq. Kieselsäure ( $1 \text{PbO}, 4 \text{SiO}_2$ ) stehen müssen. Nur bei der Bereitung optischer Gläser sucht man bei möglichst großem Bleigehalt die Menge der Kieselsäure thunlichst zu vermindern, doch müssen auf je 1  $\text{PbO}$ , welches man dem Satze für Normalglas zugiebt, mindestens 3  $\text{SiO}_2$  zugesügt werden. Auch die Formel  $\text{PbO}, 2 \text{SiO}_2 + x (\text{Na}_2\text{O}, 5 \text{SiO}_2)$  entspricht nach Wagener gut der Zusammensetzung der widerstandsfähigen Bleigläser.

## Kalium.

Die Methoden der Darstellung von Kalium-  
sulfat aus Kalium-Magnesiumsulfat sind von  
H. Precht<sup>1)</sup> einer Prüfung unterworfen worden. Durch die  
Aufschlüsse von großen kainit-Lagern hat die Verarbeitung dieses  
Materials, das bisher nur zu landwirthschaftlichen Zwecken  
diente, große Wichtigkeit erlangt. Der erste Theil, die Dar-  
stellung von Kaliummagnesiumsulfat ist schon vollständig ge-  
lungen. Von hoher Bedeutung ist nun die weitere Verarbei-  
tung desselben zu dem werthvolleren Kaliumsulfat. Precht  
beurtheilt die hierzu verwendbaren Methoden wie folgt:

1. Verfahren ohne Zersetzung von Kaliumsulfat und Ma-  
gnesiumsulfat.

Die Trennung durch Umkrystallisieren in wässriger Lösung  
führt beim Kaliummagnesiumsulfat nur unvollkommen zum  
Ziele. Von einer fabrikmäßigen Benutzung dieser Trennungs-  
methode kann nur die Rede sein, wenn eine Verwendung der  
an Magnesiumsulfat reicheren Lauge ohne weitere Kosten mög-  
lich ist. Sie kann mit Vortheil zum Waschen von chlorhaltigem  
Kaliummagnesiumsulfat statt Wasser benutzt werden, da sie  
nur Chlorverbindungen aufnimmt, während eine entsprechende  
Menge Kaliummagnesiumsulfat sich abscheidet.

Die Gewinnung des Kaliumsulfats durch Trennung des  
Kaliummagnesiumsulfats unter Bildung von unlöslichem Ma-  
gnesiumsulfat und löslichem Kaliumsulfat durch Zersetzung unter  
Dampfdruck, ist nur durch Eindampfen großer Mengen von  
Salzlösung und nicht ohne erheblichen Verlust möglich. Das  
unter Dampfdruck gefällte Doppelsalz ( $K_2SO_4, 2MgSO_4, H_2O$ )  
wird mit kaltem Wasser in Schönit und Bittersalz übergeführt,  
wobei letzteres in Lösung bleibt.

Für die Trennung des Kaliumsulfats vom Magnesium-  
sulfat durch Darstellung eines kaliumhaltigen Doppelsalzes  
nimmt der Alaun die erste Stelle ein. Wird eine heiß ge-  
sättigte Lösung von Kaliummagnesiumsulfat mit einer konzen-  
trierten Lösung von Aluminiumsulfat gemischt, so krystallisiert  
der Alaun fast vollständig aus, das Magnesiumsulfat bleibt  
in Lösung. Wenn eine Trennung des Alauns in  $K_2SO_4$  und

1) Die chem. Industrie, 1881 Bd. 4 S. 376.



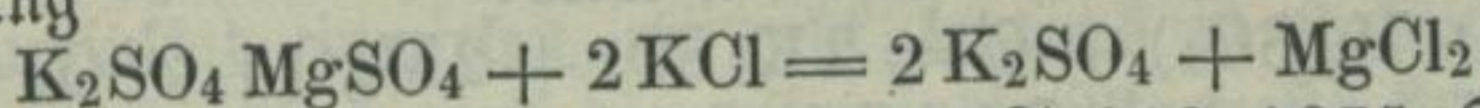
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  durchführbar wäre, so wäre derselbe ein zweckmäßiges Zwischenglied zur  $\text{K}_2\text{SO}_4$ -Darstellung.

Von Schwarz ist die Darstellung des Kaliumcalciumsulfats empfohlen worden, das günstiger in Beziehung auf die Regeneration ist; dieses Doppelsalz wird aber stets sehr voluminös erhalten und nimmt das abzuschheidende Magnesiumsulfat als Lösung fast völlig in sich auf. Das Abpressen der Lauge würde zu viel Kosten verursachen.

Für eine Trennung durch Bildung eines magnesiumhaltigen Doppelsalzes sind die dazu anwendbaren Salze zu theuer. Ferrosulfat schlägt, unter Bildung eines gelöst bleibenden Magnesiumferrosulfats, Kaliumsulfat nieder. Die Reaktion kann aber nur Verwerthung finden, wenn das Magnesiumferrosulfat verwendbar wird.

2. Verfahren mit Zersetzung von Magnesiumsulfat und ohne Zersetzung von Kaliumsulfat.

In erster Linie steht hier die von S. Grüneberg ausgearbeitete Methode der Zersetzung von Kaliummagnesiumsulfat mittelst Chlorkalium, welche sich auf die Reaktion nach der Gleichung



stützt (s. Wagner's Jahresbericht 1868, S. 282, 1875, S. 487).

Bei der Zersetzung muß nach Art des ununterbrochenen Auslaugens verfahren werden, wozu ein besonderer Apparat dient (D. R. P. Kl. 70 Nr. 14534 v. 15. December 1880). Man nimmt am besten eine bei  $50^\circ$  gesättigte 30 prozentige Lösung von  $\text{KCl}$ , welche nur 1,2 Proz.  $\text{K}_2\text{SO}_4$  löst.  $\frac{2}{3}$  des angewendeten  $\text{KCl}$  werden zu  $\text{K}_2\text{SO}_4$  nutzbar gemacht,  $\frac{1}{3}$  bleibt in Lauge, welche außerdem Kaliummagnesiumsulfat und etwa 16 Proz. Chlormagnesium enthält. Die Umsetzung bis zur Bildung von künstlichem Carnallit geht nicht vor sich.

Die erhaltene Lösung läßt sich bei der Darstellung des Kaliummagnesiumsulfats durch Zersetzung des Rainits unter Dampfdruck nutzbar machen.

Die Zersetzung des Kaliummagnesiumsulfats mit Chlorkalium in der Glühhitze mit überhitztem Wasserdampf hält Precht für praktisch nicht anwendbar. Die von Schwarz angegebene Zersetzung durch Chlornatrium in der Kälte ist nur einer beschränkten Anwendung fähig und kann höchstens bei

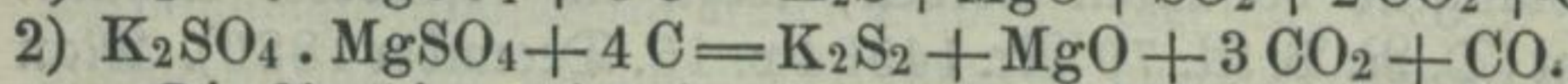
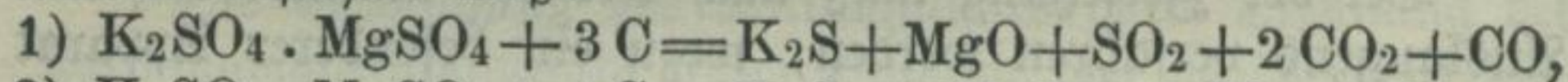
Verarbeitung eines gering prozentigen Rainits, welcher den zur vollständigen Umsetzung erforderlichen Ueberschuß an NaCl enthält, in Frage kommen.

Auch die Zersetzung von Magnesiumsalzen durch Calciumhydrat ist zur Darstellung von Kaliumsulfat aus  $K_2SO_4$ ,  $MgSO_4$  empfohlen worden. Es bildet sich ( $K_2SO_4$ ,  $CaSO_4$ ,  $H_2O$ ), aus welchem  $K_2SO_4$  durch heißes Wasser gelöst wird. Das Auslaugen wird aber durch die voluminöse Beschaffenheit des Magnesiumhydrats und Calciumsulfats erschwert. Die Vorschläge von Dupré und Hake (D. R. P. Nr. 8021) bringen hierbei keinen Vortheil.

Am günstigsten wird hiernach das Verfahren von H. Grüneberg beurtheilt, für das, namentlich seitdem reines Kaliummagnesiumsulfat aus Rainit gewonnen wird, die Bedingungen vortheilhafter geworden sind. Zu Leopoldshall wird nach diesem Verfahren schon in kleinem Maßstab  $K_2SO_4$  erzeugt (Dingl. pol. Journ. Bd. 241 S. 456).

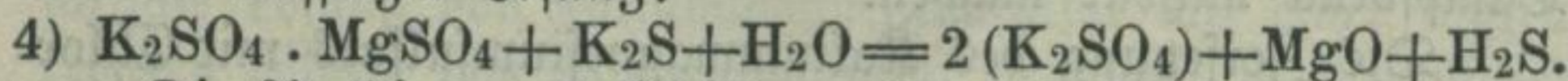
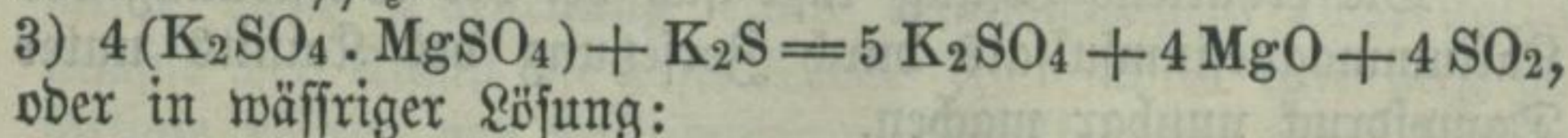
Neuerdings hat Precht<sup>1)</sup> die von Schwarz angegebene Reaction, nach welcher aus Kaliummagnesiumsulfat durch Glühen mit Kohle Kaliumsulfat erhalten wird:

$2(K_2SO_4 \cdot MgSO_4) + C = 2K_2SO_4 + 2MgO + 2SO_2 + CO_2$   
 so abgeändert, daß Schwefelkalium oder Zweifach-Schwefelkalium entstehen muß:



Die Reaction wird in einem aus basischem Material hergestellten Ofen bei gelinder Rothglut ausgeführt. Die poröse Schmelze wird mit Wasser ausgelaugt, wobei die Magnesia in kompakterer Form zurückbleibt.

Das Schwefelkalium dient weiter zur Zersetzung von Kaliummagnesiumsulfat und Bildung von Kaliumsulfat, entweder in der Glühhitze:

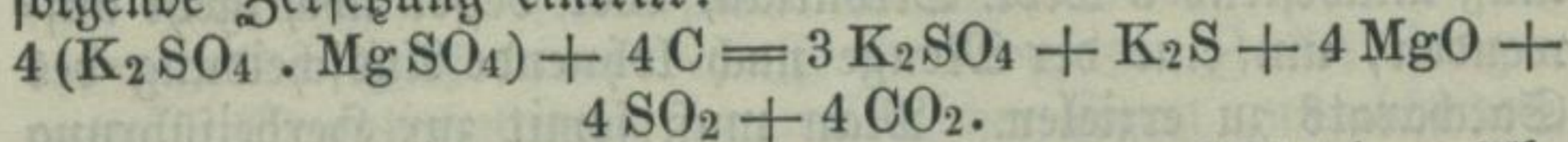


Die Reaction nach Gleichung (3) wird in einem aus Magnesiasteinen hergestellten Ofen ausgeführt, wobei anstatt des

1) Die chem. Industrie 1881 Bd. 4 S. 378.

reinen Kaliumsulfids auch das nach (1) und (2) erhaltene Gemenge von Magnesia, Kaliummono- und -bisulfid genommen werden kann.

Kaliumsulfat bildet sich auch, wenn das geschmolzene Doppelsalz direkt mit soviel Kohle zusammengebracht wird, daß folgende Zersetzung eintritt:



Die Bildung des Kaliumsulfids ist zur vollständigen Abscheidung der Magnesia aus dem Doppelsalz erforderlich. Die angewendete Menge Kohle muß also mindestens die doppelte der von Schwarz vorgeschriebenen sein.

Aus den Laugen der Schmelze krystallisiert das Kaliumsulfat beim Erkalten, während noch vorhandenes Kaliumsulfid in Lösung bleibt. Die schweflige Säure, auch wenn dieselbe mit Kohlensäure vermischt ist, kann zur Schwefelsäurefabrikation dienen.

Die Zersetzung des Doppelsalzes mit Kaliumsulfid in wässriger Lösung findet bei jeder Konzentration statt. Läßt man eine konzentrierte Schwefelkaliumlösung auf festes Kaliummagnesiumsulfat einwirken, so geht letzteres in Kaliumsulfat und Magnesia über, und die voluminöse Magnesia kann von dem krystallinischen Kaliumsulfat durch Schlämmen getrennt werden.

### Strontium.

Die Entzuckerung der Melasse mittelst Strontian ist, wie schon im vorigen Jahrgange (S. 349) erwähnt wurde, von C. Scheibler<sup>1)</sup> (vergl. D. R. P. Nr. 15385) empfohlen worden. Ein entsprechendes Verfahren wurde bereits 1849 Dubrunfaut patentiert. Stammer's Versuche<sup>2)</sup> darüber fielen nicht günstig aus, während eine Fabrik in Dessau Strontianit mit Erfolg anwandte.<sup>3)</sup> Trägt man nun nach Scheibler<sup>4)</sup> in eine siedende 15 prozentige Zuckerlösung allmählich Krystalle von Strontiumhydrat,  $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$  ein, so

1) Wagner's Jahresbericht 1881 Bd. 27 S. 700.

2) Dingler's Journ. Bd. 163 S. 225.

3) Dingler's Journ. Bd. 225 S. 108.

4) Neue Zeitschrift f. Rübenzuckerind. Bd. 7 S. 49 u. 257.

lösen sich dieselben und es entsteht ein Niederschlag, welcher auf 1 Mol. Zucker 2 Mol. Strontian enthält, bis bei Verwendung von 3 Mol. Strontiumhydrat die Fällung ihr Maximum erreicht. Verwendet man statt des reinen Zuckers gewöhnliche Melasse, so entsteht der Niederschlag viel langsamer und man muß mindestens 3 Mol. Strontian, oder besser noch mehr aufwenden, um eine der Menge nach lohnende Ausscheidung des Saccharats zu erzielen. Man muß somit zur Herbeiführung einer vollständigen Zuckersfällung mit einem bedeutenden Ueberschuß von Strontiumhydrat arbeiten, so daß neben dem gefällten Saccharat noch eine mit dem Fällungsmittel mehr oder weniger gesättigte Nichtzucker-Mutterlauge entsteht. Hieraus ergibt sich die Regel, daß man nicht mit unnöthig verdünnten Melasselösungen arbeiten soll. Wenn man aber, wie es im Großbetriebe leicht möglich ist, mit konzentrierterer Lösung operiert, oder während der Fällung durch Eindampfen konzentriert, so genügen meist schon 3 Mol. Strontian, und gelingt es unter diesen Umständen bis 99 Proz. des Zuckers der Melasse zu fällen. Erhitzt man Zucker oder Melassefällungen mit Strontian unter Druck bei Temperaturen über  $100^{\circ}$  hinaus, so steigt der Strontiumgehalt der Niederschläge entsprechend der Temperatur und nähert sich das Verhältnis von Strontian zum Zucker in den Niederschlägen mehr und mehr demjenigen eines dreibasischen Saccharats. Unterwirft man umgekehrt das in der Siedhize, oder unter höherem Druck gefällte, in kochendem Wasser vertheilte Saccharat einer allmählichen Abkühlung, so spaltet sich entsprechend der sinkenden Temperatur aus dem Saccharat das gebundene Strontiumoxyd nach und nach wieder ab und man findet zuletzt, wenn die Temperatur bis gegen  $0^{\circ}$  gesunken ist, daß alsdann das wieder in Lösung übergegangene Saccharat sich in auskrystallisierendes freies Strontiumhydrat und eine mit Strontiumhydrat gesättigte Zuckerlösung gespalten hat. Daraus ergibt sich, daß die Saccharate keine chemischen Verbindungen im engeren Sinne, wobei der Wasserstoff des Zuckermoleküls durch Strontium ersetzt wird, sondern additionelle Anlagerungen basischer Oxyde an das unveränderte Zuckermolekül sind, und daß die Menge der sich anlagernden Oxyde eine Funktion der Temperatur ist; je höher diese, um so größer ist die Anlagerung, und mit dem Sinken der Temperatur spalten

sich die angelagerten Dryde allmählich wieder ab. Auf dieser Erscheinung beruht die technisch so werthvolle und leichte Wiederabspaltung des an den Zucker angelagerten Strontiumoxyds bei der Abkühlung des ausgeschiedenen Saccharats, so daß dieses Strontiumoxyd zum großen Theil kostenlos wieder für eine nächstfolgende Operation anwendbar wird.

Um den Zucker aus Melasse oder sonstigen Zuckerlösungen mittelst Strontiumhydrat in unlöslicher Form auszuscheiden, wird letzteres im Ueberschusse angewandt, und zwar zweckmäßig in einem Verhältnis, daß auf 1 Mol. des vorhandenen Zuckers 3 Mol. Strontiumoxyd kommen. Der Ueberschuß an Strontiumoxyd ist deshalb von günstigem Einfluß, weil es nicht allein die Zuckerabscheidung vermehrt, sondern auch die Schwerlöslichkeit des Saccharats und dessen körnig-dichte Beschaffenheit erhöht. Zudem geht dieser Ueberschuß nicht verloren, sondern kann als Strontiumhydrat wiedergewonnen werden. Im Großen kann man so verfahren, daß man in einem verschließbaren, mit Dampfmantel umgebenen und mit Rührwerk, Thermometer, Ablasshahn u. dergl. versehenen Gefäße aus Eisenblech, welches mit überschüssigem Aetzstrontium beschickt ist, die heiß verdünnte Melasselösung einfließen und nun unter stetem Umrühren bei geeigneter Temperatur die Auflösung bis zur Sättigung vor sich gehen läßt. Wenn man hierbei schnell operiert, so findet eine Ausscheidung des Strontiumsaccharates noch nicht statt. Nach bewirkter Sättigung der Lösung kann man dieselbe durch eine Filterpresse treiben, um sie von mechanischen Unreinigkeiten und einigen Ausscheidungen zu befreien, was jedoch nur selten nothwendig sein wird. Im anderen Falle läßt man die Lösung aus dem etwas über dem Gefäßboden befindlichen Ablasshahn von dem Strontium-Ueberschuß direkt in eines derjenigen Gefäße laufen, in welchen die Ausscheidung des Strontiumsaccharates bewirkt werden soll. Diese Gefäße sind ebenfalls eingerichtet wie das Lösungsgefäß, d. h. mit einem Dampfmantel umgeben und mit einem Rührwerk versehen; am Boden besitzen sie ein weites, verschließbares Ablassrohr, welches mit den Filtrierapparaten in Verbindung steht. In diesen Gefäßen wird die Lösung nun bis zum Siedepunkte erhitzt, wobei alsbald die Ausscheidung des Strontiumsaccharates erfolgt und sich rasch vollendet. Beschleunigt wird diese Ausscheidung übrigens,

wenn man gespannten Dampf anwendet, die Lösung also mehr oder weniger über  $100^{\circ}$  hinaus unter Umrühren erhitzt. Das Strontiumsaccharat scheidet sich hierbei als ein schweres, sandiges Pulver aus, welches nicht wie das entsprechende Calciumsaccharat eine gelatinöse und voluminöse Beschaffenheit hat, sondern dicht ist, sich aus der Lösung rasch absetzt und sich leicht abfiltrieren läßt, Eigenschaften, durch welche es sich von dem Kalksaccharat vortheilhaft unterscheidet. Die Trennung des Strontianzuckers von der Nichtzuckerlösung muß während die Lösung noch siedend heiß ist bewirkt werden; sie kann in angewärmten Filterpressen vorgenommen werden, in welche man die heiße Masse unter Dampfdruck hineintreibt; die Filtration geht rasch und leicht vor sich, und wenn die Filtrierkammern mit dem Niederschlag gefüllt sind, kann man den letzten Rest der innewohnenden Lauge durch Dampf herausdrücken.

Das von der Nichtzuckerlauge befreite Strontiumsaccharat kann nun in Wasser vertheilt mit Kohlensäure, und zwar am besten unter Druck zerlegt werden, wobei unlösliches kohlen-saures Strontium entsteht und der Zucker frei wird. Man trennt dann beide abermals mittels Filterpressen oder in sonstiger Weise und bringt die Zuckerlösung in bekannter Art zur Krystallisation. Man kann jedoch, wie schon bemerkt, aus dem Strontiumsaccharat vorher einen Theil des Strontiums als Strontiumhydrat in krystallisirter Form abscheiden und für sich gewinnen, so daß man nur den Rest durch Kohlensäure von dem Zucker abzuscheiden hat. Das nur in der Siedehitze beständige Strontiumsaccharat zerfällt in Berührung mit Wasser und bei sinkender Temperatur allmählich in strontianhaltige Zuckerlösung und in freierwerdendes Strontiumhydrat, welches auskrystallisirt. Wenn man daher das gewonnene dreibasische Saccharat in Wasser vertheilt und durch Abkühlung in besonderen Räumen erkalten läßt, so krystallisieren an den Gefäßwänden namhafte Mengen von Strontiumhydrat aus, von welchen die Lauge zur weiteren Verarbeitung abgelassen werden kann. Die so abgespaltenen Strontiumkrystalle können dann zu einer folgenden Operation wieder benutzt werden. Dieses Verhalten des Strontiumsaccharats ermöglicht eine bedeutende Vereinfachung der Arbeiten, da nicht aller Strontian in die Form von kohlen-saurem Strontian überzuführen ist, sondern

nur ein kleinerer Theil. Die bei dieser Gewinnung des Strontiumfaccharats abfallenden Laugen, welche nahezu den gesammten Nichtzucker der verarbeiteten Melasse u. dergl. enthalten, lassen den in überschüssiger Menge angewandten Aetzstrontian, beim Erkalten unter Abhaltung der Kohlensäure der Luft zum größten Theil wieder auskrystallisieren. Er ist braun gefärbt, kann aber nichtsdestoweniger bei einer nachfolgenden Operation direkt verwendet werden. Der zuletzt in den Nichtzuckerlaugen noch verbleibende Rest von Strontian wird dann mit Kohlensäure gefällt und als kohlen-saurer Strontian gewonnen. Die von letzterem getrennte Nichtzuckerlauge ist ein ausgezeichnete Dünger, sie kann aber auch auf Kalisalze und andere Produkte (Ammoniak u. dergl.) verarbeitet werden. Der sowohl aus dem Strontiumfaccharat als den Laugen mit Kohlensäure abgeschiedene kohlen-saure Strontian wird durch Glühen in bekannter Weise wieder in Aetzstrontian übergeführt, um von Neuem in Verwendung zu kommen. Diese Ueberführung des pulverigen kohlen-sauren Strontians in Aetzstrontian geschieht nach der für den kohlen-sauren Baryt bekannten Methode des Brennens, indem man den kohlen-sauren Strontian mit Hülfe von Theer, Kohlenpulver, Sägespänen, oder anderen verkohlenden Substanzen zu Stücken formt und diese faustisch brennt, was am besten in den bekannten Gasöfen geschieht. Der Zuckergewinn aus Melasse nach dem vorbeschriebenen Verfahren ist ein nahezu vollständiger und besitzt die dabei erzielte Füllmasse einen so hohen Reinheitsgrad, daß sie sofort und mit Leichtigkeit auf Konsumwaare verarbeitet werden kann. Die entfallenden Syrupe haben den Geschmack der Kolonialsyrupe.

Chlorstrontium für die Zuckersabrikation. Als Verbesserungsmittel für die bei der Zuckersabrikation gewonnenen Säfte, und zwar sowohl als Mittel zur Scheidung, wie als Mittel zur Reinigung der bei der Rohzuckersabrikation wie beim Raffineriebetriebe resultierenden Syrupe und Nachprodukte ließ sich Dr. G. Rottmann<sup>1)</sup> in Berlin die Anwendung von Chlorstrontium patentieren. Die Wirkung des fast ganz ausschließlich zum Zweck der Scheidung benutzten gebrannten Kalks beruht wesentlich einerseits auf der Unlöslich-

1) Deutsche Industriezeitung 1882 S. 356.

keit der Kaltsalze einer großen Anzahl derjenigen Säuren, welche im Rübensaft vorzugsweise an Alkalien gebunden enthalten sind, und andererseits auf der chemischen Wirksamkeit des Kalks als starker Base. Letztere Eigenschaft des Kalks hat jedoch verschiedene Uebelstände im Gefolge. Das Chlorstrontium vermag nun eine bei weitem größere Anzahl von Säuren, namentlich Schwefelsäure, aus ihrer Verbindung mit Alkali niederzuschlagen, als irgend eine Calciumverbindung, insbesondere Aetzalkali, und verwandelt demgemäß eine bei weitem größere Anzahl von Alkalisalzen in die bei fast allen späteren Fabrikationsprozessen weniger störenden Chloralkalien, während zugleich die Bildung der bei der weiteren Verarbeitung so sehr störenden Zuckeralkalien vermieden wird. Die Anwendung des Chlorstrontiums bei der Scheidung kann entweder im Verein mit gebranntem Kalk allein oder mit diesem und Chlorcalcium zusammen vorgenommen werden. Letzteres ist wegen des Preises des Chlorstrontiums am meisten zu empfehlen; je nach der Reihenfolge des Einwirkenlassens des Kalks, Chlorcalciums und Chlorstrontiums auf den Rübensaft kann hierbei in verschiedener Weise verfahren werden.

In Syrupen und Zuckerlösungen, welche bei der Verarbeitung von mit Kalk geschiedenen Säften gewonnen werden, vermag das Chlorstrontium noch eine große Menge von Säuren organischer und unorganischer Natur aus ihrer Verbindung mit Alkali als unlösliche Substanz niederzuschlagen und somit eine wesentliche Verbesserung der Fabrikationsprodukte herbeizuführen. Auch für den Fall, daß letztere aus Säften hervorgehen, die schon mit Chlorstrontium behandelt wurden, ist mit der abermaligen Anwendung dieses Mittels eine nicht unwesentliche Verbesserung derselben verbunden.

**Strontianit.** Die erwähnte Einführung des Strontians in die Zuckersabrikation hat nach einer Mittheilung der Industriezeitung<sup>1)</sup> wie in Sicilien so auch im Münsterland in der Gegend von Lippstadt bis Drensteinsfurt bei Münster ein wahres Strontianitfieber hervorgerufen. In dieser Gegend findet sich der Strontianit ( $\text{SrCO}_3$ ) auf einen großen Flächenraume (ca. 30 Quadratmeilen), aber die Jahresproduktion

1) Deutsche Industriezeitung 1851 S. 401.



fämmtlicher Strontianitgruben betrug im vorigen Jahre nach einer Korrespondenz der Essener Zeitung höchstens 5000 Centner. Von Strontianit-Bergbau-Gesellschaften sind zu nennen die Dr. Reichardt'schen Gruben zu Drensteinfurt, die Strontianit-Societät von Goerne u. Co. in Ahlen, die Magdeburger Strontianitgesellschaft, welche ihre Gruben bei Lendenhorst hat, die Bergbaugesellschaft Seelig u. Co. zu Delde.

Immerhin steht aber eine Strontianitmächtigkeit von 2 Met., welche die Grube Maria bei Drensteinfurt häufig aufzuweisen hat, einzig in ihrer Art da. Und selbst bei dieser anerkannt besten aller Strontianitgruben sind die Anbrüche in der Tiefe nicht befriedigend. Wenn man nun den Umstand berücksichtigt, daß im Gegensatze zu den armen oder tauben Gängen, welche durch den Tiefbau aufgeschlossen wurden, sehr reiche Tagebaue ausgebeutet worden sind, beziehungsweise noch jetzt existieren, so möchte man sich zu der Ansicht neigen, daß der Strontianit aus dem Kreidemeeresbecken als wässrige Lösung in die schon vorhandenen Spalten eingedrungen und zur Ablagerung gelangt sei. Die Grenze der edlen Partien nach unten zu würde also durch den Bergbau unter Umständen schon bald erreicht werden können, — eine Eventualität, welche für die Zuckerindustrie, soweit sie das Strontianitverfahren adoptiert hat, höchst bedauerliche Folgen haben müßte.

Wie rührig übrigens die westfälischen Bergbau-Gesellschaften bezüglich der Auffindung neuer „Erzquellen“ sind, mag aus dem Umstande erhellen, daß eine Firma das schwefelsaure Strontiansalz, den Coelestin, in Italien, speciell auf der Insel Sicilien (Sirgenti) bergmännisch gewinnen läßt. Ehe dieses Mineral für die Zuckerindustrie verwendbar ist, muß es zunächst in die kohlen-saure Verbindung (Strontianit) umgewandelt werden, und dann erst wird durch Calcination die Kohlen-säure abgeschieden, resp. Strontian gewonnen, welcher die Eigenschaft hat, mit dem Zucker der Melasse eine unlösliche Verbindung, Zuckerstrontian, zu bilden. Coelestin findet sich auch in Deutschland an mehreren Stellen, so z. B. zu Dornburg bei Jena und unweit Goslar am Harz. Er tritt daselbst in schmalen (0,05 Met. starken) Schnüren im Muschelfalk auf, aber in unbedeutenden Mengen, so daß darauf ein lohnender Abbau nicht eingeführt werden kann. Der Verkaufspreis für Strontianit betrug im

Jahre 1881 9 bis 10 M. pro Ctr. und die Nachfrage ist eine so rege, daß nur ein geringer Theil der Aufträge effectuirt werden kann.

### Uran.

Das Atomgewicht des Urans wurde bisher zu 120 angenommen. Indessen Mendelejeff ward schon durch die in seiner Abhandlung <sup>1)</sup> „die periodische Gesetzmäßigkeit der chemischen Elemente“ angestellten Betrachtungen veranlaßt, das Atomgewicht des Urans = 240 zu setzen. Seitdem sind mehrere neue Verbindungen des Urans dargestellt worden, welche die Zulässigkeit der Annahme der Atomgewichtszahl 240 immer wahrscheinlicher machten, z. B. das dem normalen Chromaten analog zusammengesetzte Lithiumuranat  $UO_4 Li_2$  (dies. Jahrb. Bd. 17 S. 376) u. s. w. In der jüngsten Zeit hat Zimmermann <sup>2)</sup> durch die Bestimmung der Dampfdichte des Uranbromids und Uranchlorids aufs neue bestätigt gefunden, daß das Atomgewicht des Urans wahrscheinlich = 240 zu setzen sei. Er fand die Dampfdichte des Bromids = 19,46, die des Chlorids = 13,33. Diese Zahlen stimmen gut überein mit denjenigen, welche sich unter Zugrundelegung des Atomgewichtes 240 aus den Formeln  $UBr_4$   $UCl_4$  berechnen. Wollte man das Atomgewicht des Urans wie früher = 120 setzen, so würde man die Formeln obiger Verbindungen  $U_2 Br_4$  und  $U_2 Cl_4$  schreiben müssen. Immerhin kann man die letzteren Formeln nicht als gänzlich unzulässig bezeichnen; daher erschien zur definitiven Entscheidung der Frage bezüglich des Atomgewichtes des Urans die Bestimmung der specifischen Wärme des metallischen Urans erwünscht. Zimmermann <sup>3)</sup> hat dieselbe bestimmt und zwar unter Verwendung des in der weiter unten beschriebenen Weise dargestellten metallischen Urans. Er fand dieselbe im Mittel = 0,02765, woraus unter Zugrundelegung des Atomgewichtes 240 für das Uran die mittlere Atomwärme 6,64 folgt, eine Zahl, welche der durchschnittlichen Atomwärme 6,4 der bei der Mitteltemperatur dem Dulong-Petit'schen Gesetz gehorchendem Elemente sehr nahe steht.

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Supplementband 8 S. 133.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 1934.

3) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 851.

Sonach erscheint es als festgestellt, daß die abgerundete Zahl 240 als Atomgewicht des Urans anzusehen ist, daß mithin diesem Elemente unter allen bekannten Grundstoffen das größte Atomgewicht zukommt. Die geistreichen Spekulationen Mendelejeff's, welche diesen Forscher vor ungefähr 11 Jahren veranlaßten, das frühere Atomgewicht des Urans (120) zu verdoppeln und dieses Element mit Chrom, Molybdän und Wolfram in einer Gruppe des periodischen Systems zusammenzustellen, haben durch das Experiment im vollsten Maße ihre Bestätigung gefunden.

Uranbromid stellte R. Herman dar, indem er krystallisiertes Uranoxydul mit dem sechsfachen Gewicht Stärke mischte und über das in einer Porzellanröhre befindliche Gemenge Bromdämpfe leitete. Zugleich mit obiger Verbindung schien ihm auch ein gelbes Oxybromid zu entstehen.

Zimmermann gewann das Bromid in absolut reinem Zustande auf folgende Weise: Reines Uranoxyduloxyd wird nach dem Vermischen mit Kohle in einer schwer schmelzbaren Glasröhre durch gelindes Erwärmen mittelst eines gewöhnlichen Verbrennungsofens vollständig getrocknet; vor das Gemenge bringt man, um das Fortreißen von Substanztheilchen zu verhindern, Glaswolle. Nachdem alle Feuchtigkeit entfernt ist, verdrängt man die atmosphärische Luft durch einen Strom von Kohlendioxyd, erhitzt die Röhre bis zum heftigen Glühen an der Stelle, wo sich das Gemisch befindet, läßt das Kohlendioxyd durch ein Gefäß mit Brom streichen und leitet es, mit Bromdämpfen beladen, über das Gemenge. Das zu verwendende Brom muß aufs sorgfältigste durch Destillation über Bromkalium, Mangandioxyd und Phosphorperoxyd von Chlor, Bromwasserstoff und Wasser befreit sein. Nach kurzer Zeit der Einwirkung des Bromdampfes setzt sich an dem kälteren Theil der Röhre ein in dünneren Schichten bräunlich, in dickeren dunkelbraun bis schwarz aussehender Körper an, und zwar in Form von glänzenden Blättchen, welche beim Erhitzen schmelzen, einen braunen Dampf bilden und sich an den kälteren Theilen der Röhre wieder unverändert verdichten. Der Bromdampf wird schließlich durch Kohlendioxyd verdrängt und die Versuchsröhre wegen der großen Hygroscopicität der gebildeten Verbindung dicht verschlossen oder zugeschmolzen aufbewahrt.

Das erhaltene Bromid löst sich mit grüner Farbe und unter Zischen im Wasser.

Das Uranochlorid wurde nach Béliquot's Vorschrift durch Glühen eines Gemenges von Uranoxyduloxyd und Kohle im Chlorstrom dargestellt, wobei sich dasselbe als rother Dampf verflüchtigt, welcher sich an dem kalten Theile der Röhre in dunkelgrünen bis schwarzen, krystallinischen Massen (nach Rammeisberg in regulären Oktaëdern) verdichtet. Gleichzeitig bildet sich aber nach Roscoe's Untersuchungen Uranpentachlorid, und zwar je nach der Schnelligkeit des Chlorstromes entweder in Krystallen oder als lockeres, leicht bewegliches, braunes Pulver; diese Verbindung zerfällt jedoch bei  $235^{\circ}$  in einer Kohlendioxidatmosphäre vollständig in Urantetrachlorid und Chlor. Zimmermann schmolz daher das gebildete Uranochlorid stets im Kohlenäurestrom um und verfuhr bezüglich des Aufbewahrens, u. s. w. des ebenfalls äußerst hygroskopischen Urantetrachlorids genau so, wie es bei der entsprechenden Bromverbindung mitgetheilt wurde.

Metallisches Uran ist nach A. Zimmermann<sup>1)</sup> auf folgendem Wege zu erhalten:

Man bringt in einen ausgebohrten Eisencylinder zunächst eine Schicht von ausgeglühtem Chlornatrium, dann kleingeschnittene Stückchen Natrium und hierauf wieder Chlornatrium. Nachdem man hierauf das sehr hygroskopische Uranochlorid möglichst rasch in den Tiegel geschüttet hat, bedeckt man schließlich das Ganze mit Chlornatrium, schraubt den erwärmten Deckel auf und erhitzt im Holzkohlenfeuer.

Unterbricht man bei dunkler Rothglut des Tiegels die weitere Erhitzung, so erhält man das Uran im pulverförmigen Zustande; steigert man dagegen die Temperatur bis zur Weißglut des eisernen Gefäßes, so findet sich das Uran im geschmolzenen Zustande in Form von mehr oder minder großen silberglänzenden Kugeln. Der Tiegelinhalt wird zunächst, um die Reaction von noch vorhandenem Natrium zu mäßigen, mit Alkohol, später zur Entfernung des Chlornatriums mit Wasser ausgezogen; das zurückbleibende Uran wird hierauf mit Alkohol und Aether behandelt und schließlich bei  $100^{\circ}$  getrocknet.

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 848.

Die Ausbeute an Uran nach vorstehendem Verfahren ist nahezu quantitativ, das Metall absolut rein.

Das geschmolzene Uran besitzt einen silberähnlichen Metallglanz, läßt sich etwas hämmern, jedoch nicht zu dünnen Platten ausschlagen, zeigt eine bedeutende Härte, ist aber weicher als Stahl, durch welchen es geritzt wird; heftiger Schlag auf das Metall mittelst des Hammers ruft Funken hervor. Die glänzende Oberfläche des Urans bedeckt sich nach längerem Liegen desselben an der Luft mit einem stahlblauen Häutchen, welches später schwarz wird und vermuthlich aus Uranoxydhydrat besteht.

Das geschmolzene Uran verbrennt, auf einem Platinblech gelinde erhitzt, unter lebhaftem Erglühen und Funkensprühen, indem sich eine voluminöse Hülle von Uranoxydhydrat bildet, welche die inneren Metallschichten vor Verbrennung und Oxydation schützt. — Das durch Reduktion des Uranochlorids bei dunkler Rothglut erhaltene pulverförmige Uran besitzt eine grauschwarze Farbe und verbrennt, an der Luft oder in Sauerstoff erhitzt, je nach den angewendeten Mengen von Metall, schon zwischen 150 und 170° mit großem Glanze zu Uranoxydhydrat. ( $U_3O_8$ .) Es wird, in Chlorgas erhitzt, bei ungefähr 150° unter großer Licht- und Wärmeentwicklung zum Theil in Uranochlorid ( $U_2Cl_6$ ) übergeführt, indem sich eine geschmolzene Schicht dieser Verbindung bildet, welche die vollständige Chlorierung des Metalls verhindert. Bromdampf verwandelt Uran, welches auf ungefähr 240° erhitzt wurde, ohne Lichterscheinung theilweise in Tetrabromid. Durch Joddampf wird das Uran nur sehr schwierig unter Bildung einer kleinen Menge von Uranjodid angegriffen, dagegen verbrennt das genannte Metall, im Schwefeldampf erhitzt, unter Erglühen zu schwarzem Urandisulfid.

Während geschmolzenes Uran auch in der Wärme von Salpetersäure (spec. Gew. 1,305) nur sehr langsam angegriffen wird, verwandelt sich das pulverige in der Wärme unter Entwicklung von Stickstoffoxyd rasch in Uranylnitrat; rothe rauchende Salpetersäure wirkt auf das Metall in Pulverform schon in der Kälte heftig ein, auf das geschmolzene nur sehr langsam.

Uran löst sich in verdünnter Schwefelsäure (spec. Gew. 1,15) langsam in der Kälte, rascher beim Erwärmen unter Wasserstoffentwicklung zu Uransulfat.

Starke und verdünnte Chlorwasserstoffsäure (spec. Gew. 1,19 resp. 1,11) lösen das Uran schon in der Kälte auf, indem sich zunächst unter stürmischer Wasserstoffentwicklung eine hyacinthrothe Lösung von Uransubchlorid ( $U_2Cl_6$ ) bildet, welche nach und nach, rasch beim Schütteln an der Luft, eine rein grüne Farbe annimmt ( $UCl_4$ ).

Das spec. Gew. des Urans beträgt nach Versuchen Zimmermanns auf Wasser von  $4^{\circ}$  und auf den leeren Raum bezogen, im Mittel 18,685, abgerundet 18,7, woraus sich als Atomvolumen des genannten Metalls die Zahl 12,8 berechnet.

### Eisen.

Verfahren zum Härten des Stahles durch Druck. — Mit dem Ausdruck „trempe par compression“ bezeichnet L. Clément<sup>1)</sup> ein neues Behandlungsverfahren der Metalle, insbesondere des Stahles, welches darin besteht, daß man das Metall bis zur Kirschrothglut erwärmt, in diesem Zustande einem starken Drucke aussetzt und bis zu seinem vollständigen Erkalten unter diesem Drucke läßt. Dadurch erlangt das Metall vor allen Dingen eine außerordentliche Härte, eine derartige molekulare Zusammenziehung und Feinheit des Kornes, daß es durch Politur das Ansehen des polierten Nickels erhält. Ferner erlangt der gepresste Stahl, ebenso wie der auf gewöhnliche Weise gehärtete, die Fähigkeit, permanenten Magnetismus anzunehmen. Wie lange seine Coërcitivkraft anhält, läßt sich zur Zeit noch nicht genau angeben; indessen hat die Erfahrung bereits gelehrt, daß die zu Telephonen nach dem System Gower und Ader verwendeten Theile aus gepresstem und magnetisiertem Stahl seit länger als 3 Monaten ihren Magnetismus unverändert beibehalten haben. Die unter den genannten Bedingungen bewerkstelligte Pressung des Stahles ist nach Clément ein der Härtung vollkommen ähnlicher Vorgang. Das Kaltschmieden ändert wohl auch den Molekularzustand des Metalles, aber die Wirkung des mit Hilfe der hydraulischen Presse erzielten Druckes ist, wie Proben zeigen, weitaus kräftiger. Als einen besonderen Vortheil

1) Dinglers pol. Journ. 1882 Bd. 245 S 218 nach Compt. rend. 1882. t. 94 p. 703.

seiner Methode bezeichnet Clémandot u. a. auch den Umstand, daß die Stärke der Kompression, innerhalb gewisser im Voraus festgesetzter Grenzen, nach Graden gemessen werden kann, wodurch für die Stufe des Härtungsprocesses ein Anhaltspunkt gegeben ist. Lan (a. a. D. S. 952) bemerkt hierzu, daß wesentlich dieselben Erfahrungen auf dem Hüttenwerk Saint-Jacques in Montlucon (Allier) gemacht seien, wo seit 6 Monaten der gegossene, noch flüssige Stahl einem Druck von 1000 bis 1500 Kiloggr. mittels hydraulischer Presse ausgesetzt werde, ein Verfahren, welches Withworth schon früher anwendete. Die in Folge dieses ausgeübten Druckes erzielte Härtezunahme tritt um so deutlicher hervor, je größer der Kohlenstoffgehalt des Stahles ist; sie wird unmerklich, wenn der Kohlenstoff unter 0,5 Proz. sinkt.

Um das Verhalten des Kohlenstoffes hierbei festzustellen, wurden aus einer Pfanne Stahlgranaten gegossen und hiervon einige dem hohen Druck ausgesetzt, andere nicht. Es wurden nun von beiden Sorten Proben 23 Cm. (A) 43 Cm. (B) 63 Cm. (C) und auf der anderen Seite der Granate 46 Cm. vom Boden (D) genommen und in diesen der Gesamtkohlenstoff nach Boussingault, der gebundene Kohlenstoff nach Eggerz bestimmt:

|                                     | Gepreßt    | Nicht gepreßt |
|-------------------------------------|------------|---------------|
| Gesamtkohlenstoff . . . . .         | 0,70 Proz. | 0,70 Proz.    |
| Gebundener Kohlenstoff A . . . . .  | 0,60       | 0,49          |
| B . . . . .                         | 0,56       | 0,50          |
| C . . . . .                         | 0,55       | 0,47          |
| D . . . . .                         | 0,60       | 0,50          |
| Mittel . . . . .                    | 0,585      | 0,490         |
| Graphitischer Kohlenstoff . . . . . | 0,115      | 0,210         |

Bei gleichem Kohlenstoffgehalt enthält somit wie durch mehrere Versuche bestätigt ist, der gepreßte Stahl mehr gebundenen, aber weniger freien oder graphitischen Kohlenstoff als nicht gepreßter.

Dasselbe Verhältnis der Härte und der Beschaffenheit des Kohlenstoffes wird erzielt, wenn an Kohlenstoff reiches Eisen oder Stahl in Metallformen oder Coquillen gegossen und rasch gekühlt wird, so daß der Druck dieselben physikalischen und chemischen Wirkungen im Eisen und Stahl erzielt als rasche Abkühlung.

**Nickel.**

Herstellung von hämmerbarem Nickel<sup>1)</sup>. — Nach J. Garnier ist das geschmolzene Nickel lediglich wegen seines Gehaltes an absorbiertem Sauerstoff brüchig. Diese unangenehme Eigenschaft wird beseitigt, wenn man das Nickel mit Mangan zusammenschmilzt, besser aber noch Phosphor hinzufügt. Zu diesem Zweck wird dem Nickel eine entsprechende Menge Phosphornickel zugesetzt, welches durch Schmelzen eines Gemenges von phosphorsaurem Kalk, Kieselsäure, Kohle und Nickel erhalten wird. Der Phosphor macht bei einem Gehalt von 0,3 Proz. das Nickel weich, hämmerbar, außerdem giebt phosphorhaltiges Nickel mit Kupfer und Eisen werthvolle Legierungen.

Das Verfahren von H. Wiggin und Comp. in Birmingham zur Darstellung von walzbarem Kobalt und Nickel beruht auf dem Zusatz von Mangan zu dem geschmolzenen Nickel oder Kobalt kurz vor dem Gießen und hat sich ein Zusatz von 1 1/2 bis 3 Proz. am besten bewährt. Ein zu hoher Mangan-Zusatz (über 5 Proz.) macht das Metall hart, ein zu geringer läßt es vollkommen brüchig. Die ersten gelungenen Versuche wurden im Januar 1880 angestellt. Daß das Mangan hierbei nur das im geschmolzenen Nickel aufgelöste Nickelorydul reducirt, geht schon daraus hervor, daß beispielsweise in einer Probe bei einem Zusatz von 1 1/2 Proz. Mangan nur noch 0,14 Proz. in gewalzten Nickel vorgefunden wurde.

Das auf diese Weise dargestellte Nickel (und Kobalt) läßt sich gut walzen, schmieden, zu Draht ausziehen und schweißen, letzteres auch auf Eisen und Stahl. Es wird zu verschiedenen Artikeln gebraucht, zu denen bisher Neusilber verwendet wurde und läßt sich besser verarbeiten, als die besseren Qualitäten Neusilber von 20 bis 30 Proz. Nickelgehalt. Vorzüglich eignet es sich auch zu Anoden für galvanische Vernickelung und wird von vielen Fabrikanten wegen gleichmäßigen Arbeitens den gegossenen Anoden vorgezogen.

**Legierungen.**

Die Verwendung des elektrischen Lichtbogens zum Schmelzen schwer schmelzbarer Metalle und Le-

1) Wagner's Jahresbericht 1881 Bd. 27 S. 68.



gierungen nach Siemens<sup>1)</sup>. Zur Erzielung hoher Temperaturen zum Schmelzen von Platinlegierungen u. dergl. benutzte man bisher das Knallgasgebläse und die Regenerativgasfeuerung. Letztere ist nach C. W. Siemens jetzt in den Gewerben — unter Anderem zur Erzeugung von Gußstahl — in ausgedehntem Maße im Gebrauche. Bei Anwendung des Offenen-Herd-Verfahrens kann man 10 bis 15 Tonnen schmiedbaren Eisens, welches nur Spuren von Kohle oder anderen mit demselben verbundenen Stoffen enthält, im offenen Herde des Schmelzofens, in einem vollständig flüssigen Zustande bei einer Temperatur beobachten, welche nicht viel niedriger als der Schmelzpunkt des Platins ist. Der Steigerung der durch beide Feuerungen erreichbaren Temperaturen ist eine Grenze gesetzt durch die Dissociation der Kohlensäure und des Wasserdampfes, welche nach St. Claire Deville und Bunsen bei 2500 bis 2800° eintritt. Aber lange ehe dieser äußerste Punkt erreicht worden ist, wird die Verbrennung so träge, daß die Verluste an Wärme durch Strahlung der Erzeugung von Wärme durch Verbrennung das Gleichgewicht halten und eine weitere Zunahme der Temperatur verhindern.

Der elektrische Lichtbogen nun kann dienen, um eine den Punkt der Dissociation der Verbrennungsprodukte übersteigende Temperatur hervorzubringen und es fehlt nicht an Nachweisen darüber, daß der elektrische Lichtbogen zur Hervorbringung von Erscheinungen Anwendung gefunden hat, welche die äußerste Steigerung der Temperatur verursacht. Wir erinnern an die von Davy mittels des elektrischen Lichtbogens bewirkte Zersetzung der Pottasche. Magnetoelektrische und dynamoelektrische Ströme setzen uns jetzt in den Stand, den elektrischen Bogen viel leichter und billiger zu erzeugen, als dies zur Zeit Davy's der Fall war. Dewar zeigte kürzlich, daß in seinem Kalkrohr oder Schmelztiegel viele von den Metallen einen gasförmigen Zustand annehmen, wie es sich durch die Umkehr der Linien in seinem Spektrum zum Beweise dessen kund giebt, daß eine Temperatur erreicht wurde, die nicht viel geringer ist als die der Sonne.

Siemens zeigt nun, daß der elektrische Bogen nicht nur im

1) Wagner's Jahresbericht 1881 Bd. 27 S. 124.

Fokus oder in einem derartig beschränkten Raume eine sehr hohe Temperatur zu erzeugen im Stande ist, sondern daß er auch größere solche Wirkungen mit einem vergleichsweise geringem Kraftaufwand hervorbringt, welche die Anwendung desselben in den Gewerben zum Schmelzen von Platin, Iridium, Stahl und Eisen oder zur Hervorbringung von solchen Reaktionen oder Zersetzungen werthvoll machen wird, die zu ihrer Vollendung einen intensiven Hitzeegrad und die Abwesenheit der mit der Verbrennung von kohlenstoffhaltigem Material im Ofen unvermeidlich verbundenen störenden Einflüsse erfordern.

Der Apparat, welchen Siemens zur elektrischen Schmelzung solchen Materials, wie Eisen oder Platin, anwendet und welcher in unserer Quelle abgebildet ist, besteht aus einem gewöhnlichen Schmelztiegel von Graphit oder anderem sehr schwer schmelzbaren Materiale, welcher in ein auf einem Dreifuß stehendes metallisches Gefäß unter Ausfüllung des Zwischenraumes mit Holzkohle oder mit einem anderen schlechten Wärmeleiter eingesetzt ist. In den Boden des Schmelztiegels ist ein Loch gebohrt, durch welches ein Stab von Eisen, Platin oder von Gaskohle, wie solche zur elektrischen Beleuchtung gebraucht wird, eingeführt ist. Der Deckel des Schmelztiegels ist ebenfalls durchbohrt, um die negative Elektrode aufzunehmen, als welche womöglich ein Cylinder von gepreßter Kohle gewählt wird. Der Abstand der beiden Elektroden von einander und somit die Länge des Flammenbogens wird durch einen in der Originalabhandlung näher beschriebenen automatischen Regulator selbstthätig reguliert. Letzterer verhindert, daß der Widerstand des Bogens mit der Zunahme der Temperatur der erhitzten Atmosphäre im Schmelztiegel abnimmt und insofgedessen in der dynamoelektrischen Maschine zum Nachtheil des elektrischen Schmelzofens Wärme erzeugt wird. Eine andere wichtige Bedingung des Erfolges der elektrischen Schmelzung besteht darin, daß das zu schmelzende Material den positiven Pol des elektrischen Bogens bildet. Es ist ja bekannt, daß es der positive Pol ist, an dem die Wärme hauptsächlich erzeugt wird, und es findet die Schmelzung des den positiven Pol bildenden Materials sogar statt, ehe der Schmelztiegel selbst zu demselben Grade erhitzt ist. Diese Anordnung ist natürlich nur auf das Schmelzen von Metallen und anderen elek-

trischen Leitern, wie Metalloxyden, anwendbar, welche meistens die Materialien sind, die in metallurgischen Verfahren behandelt werden. Bei Behandlung von nichtleitenden Erden oder von Gasen wird es nothwendig, für einen nicht zerstörbaren positiven Pol zu sorgen, etwa für einen solchen aus Platin oder Iridium, der indessen selbst der Schmelzung unterworfen sein und einen kleinen Teich am Boden des Schmelztiegels bilden kann. In einem solchen elektrischen Schmelzofen wird natürlich einige Zeit gebraucht, um die Temperatur des Schmelztiegels selbst bis auf einen beträchtlichen Grad zu bringen, aber es ist überraschend, wie schnell eine Anhäufung von Hitze stattfindet. Beim Arbeiten mit einer modificierten, mittelgroßen Dynamo-Maschine, die im Stande ist, einen Strom von 36 Weber'schen Einheiten mit einem Aufwande von 4 Pferdestärken Kraft zu erzeugen, und welche bei ihrer Benutzung zur Beleuchtung ein Licht von 6000 Kerzenstärken hervorbringt, findet Siemens, daß ein in nicht leitendem Material eingesetzter Schmelztiegel von ungefähr 20 Cm. Tiefe in weniger als einer Viertelstunde auf Weißglühhitze gebracht wird und daß die Schmelzung eines Kilogramms Stahl in einer weiteren Viertelstunde bewirkt wird, während nachfolgende Schmelzungen in etwas kleineren Zeiträumen gemacht werden. Durch Anwendung eines Poles von dichter Kohle kann die sonst rein chemische Reaction, welche man zur Ausführung zu bringen beabsichtigt, durch die Loslösung von Kohlentheilchen von der Elektrode gestört werden; wenn auch die Aufzehrung des negativen Poles in einer vollständig neutralen Atmosphäre außerordentlich langsam vor sich geht, kann es doch nothwendig werden, an seine Stelle einen solchen negativen Pol zu setzen, welcher keine Substanz an den Bogen abgibt. Siemens hat für diesen Zweck einen Wasserpole, oder ein Rohr von Kupfer angewendet, durch welches ein Abkühlungsstrom von Wasser fließen gelassen wird. Derselbe besteht einfach aus einem steifen Kupfercylinder, der am unteren Ende geschlossen ist und ein inneres, bis nahe zum Boden reichendes, zur Einführung eines Wasserstrahles dienendes Rohr enthält. Das Wasser tritt dabei durch biegsame Gummiröhre ein und aus. Da diese Röhre aus einem nicht leitenden Materiale von geringem Querschnitte bestehen, ist der Verlust an Strom von dem Pole zum

Wasserbehälter so gering, daß er ganz vernachlässigt werden kann. Auf der anderen Seite wird bei Benutzung des Wasserpoles etwas Verlust an Wärme durch Ueberleitung verursacht, aber dieser Verlust verringert sich mit steigender Hitze des Schmelzofens um so mehr, als der Bogen länger wird und der Pol mehr und mehr sich in den Deckel des Schmelztiegels zurückzieht.

Aus der von Siemens aufgestellten Rechnung ergiebt sich, daß beim Gebrauche einer dynamoelektrischen Maschine, welche durch eine Dampfmaschine getrieben wird, theoretisch betrachtet 1 Kilogr. Kohle nahezu 1 Kilogr. Gußstahl schmelzen kann. Um 1 Tonne Stahl in Schmelztiegeln in dem in Sheffield benutzten gewöhnlichen Gebläseofen zu schmelzen, werden  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Tonnen bester Durhamkoks gebraucht. Dieselbe Wirkung wird mit 1 Tonne Kohle erzeugt, wenn die Schmelztiegel im Regenerativgasofen erhitzt werden, während, um große Mengen Gußstahl im offenen Herde desselben Ofens zu erzeugen, 12 Str. Kohle zur Gewinnung einer Tonne Stahl genügen. Der elektrische Schmelzofen darf daher für ökonomischer als der gewöhnliche Gebläseofen betrachtet werden und würde unter Berücksichtigung einiger zufälligen, nicht mit in Rechnung gebrachten Verluste, was die Dekonomie an Brennmaterial anbelangt, beinahe der des Regenerativgasofens gleich kommen.

Es sprechen indessen noch die folgenden Vortheile zu Gunsten des Verfahrens: 1) daß der erreichbare Hitzeegrad theoretisch unbegrenzt ist, 2) daß die Schmelzung in einer vollkommen neutralen Atmosphäre vor sich geht, 3) daß das Verfahren im Laboratorium ohne viel Vorbereitung und unter dem Auge des Beobachters vorgenommen werden kann, 4) daß bei Benutzung der gewöhnlichen schwer schmelzbaren Materialien die praktisch erreichbare Grenze der Hitze sehr hoch liegt, da im elektrischen Schmelzofen das schmelzende Material eine höhere Temperatur als der Schmelztiegel selbst hat, während im gewöhnlichen Verfahren die Temperatur des Schmelztiegels diejenige des darin geschmolzenen Materials übersteigt. Ohne daß darauf Anspruch zu machen ist, daß der elektrische Schmelzofen im Stande sei, andere Schmelzöfen für die gewöhnlichen Zwecke zu verdrängen, werden ihn die oben bezeichneten Vortheile, wie Siemens glaubt, zu einem zweckmäßigen Hülfsmittel machen, um chemische Reak-

tionen der verschiedensten Art bei Temperaturen und unter Umständen vorzunehmen, deren Gewinnung bisher unmöglich war.

Bildung von Legierungen durch Druck. — Wilh. Spring<sup>1)</sup> zeigte vor einigen Jahren, daß verschiedene Substanzen, wenn man sie in gepulvertem Zustande einem Druck von verschiedenen Tausenden Atmosphären aussetzt, sich so innig zusammenbinden, daß aus ihnen Blöcke entstehen, welche einer vorher geschmolzenen Masse ganz ähnlich sind. Körper, welche verschiedene allotropische Zustände aufweisen, beispielsweise der Schwefel, gehen von dem einen zu dem anderen Zustand über, aber nur dann, wenn man sie im Zustande ihrer geringsten Dichtigkeit zusammenpreßt: so gehen z. B. der plastische und der prismatische Schwefel in octoëdrischen Schwefel über. Auch wurde nachgewiesen, daß, wenn man ein Gemisch von mehreren festen Substanzen zusammenpreßt, dann immer eine chemische Reaktion stattfindet, wenn das specifische Gewicht der entstehenden Verbindung ein größeres ist, als die specifischen Gewichte seiner Komponenten. So geht ein Gemisch von Kupfer und Schwefel sehr leicht in Halbschwefelkupfer über.

Jene Thatsachen mit anderen schon längst bekannten zusammenhaltend, glaubt Spring den allgemeinen Satz aufstellen zu können, daß die Materie den Zustand annimmt, welcher dem Volumen, welches die Materie einzunehmen gezwungen ist, entspricht.

Insbesondere schien die Bildung von leicht schmelzbaren Legierungen als eine sichere und scharfe Bestätigung dafür dienen zu können. Denn im Falle sich keine Legierung bildet, also wenn die Metalle sich nur innig mit einander zusammemischen, darf der Schmelzpunkt der angewandten Substanzen sich nicht ändern; entsteht hingegen eine Legierung, so muß der Schmelzpunkt sinken.

Ein grobes Pulver aus Feilspänen von Wismuth, Cadmium und Zinn bestehend und in solchen Verhältnissen gemischt, daß dasselbe der Zusammensetzung der Wood'schen Legierung entsprach, wurde einem Drucke von 7500 Atmosphären ausgesetzt. Die Wood'sche Legierung schmilzt bekanntlich bei 65°. Der durch den Druck erhaltene Block wurde noch einmal durch

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 595.

Feilen gepulvert, dann das Pulver nochmals demselben Druck unterworfen. Spring erhielt auf diese Weise einen Metallblock, dessen physikalische Eigenschaften denen der Wood'schen Legierung was Dichtigkeit, Farbe, Härte, Sprödigkeit und Bruch anbelangt, vollkommen entsprechen; in auf  $70^{\circ}$  erwärmtes Wasser geworfen, schmolz das Metall sofort. Ebenso lieferte ein Gemisch von Blei, Wismuth und Zinn, in den Verhältnissen der Rose'schen Legierung, welche bei  $95^{\circ}$  schmilzt, nach zwei Pressungen Blöcke, die in siedendem Wasser schmolzen.

Zum Schluß wurde ein Gemisch von Zink und Kupferfeilspänen dem Druck unterworfen. Nach der ersten Pressung resultierte nur eine Art Konglomerat der beiden Metalle; feilt man aber das Konglomerat, preßt wieder und wiederholt diese Operation fünf bis sechs Mal, so bekommt man einen Block, welcher dem gewöhnlichen Messing ganz ähnlich ist, nur ist die Farbe etwas dunkler. Da das specifische Gewicht des Messings ungefähr dem der beiden Metalle gleich ist, so läßt es sich leicht erklären, warum das Messing so schwierig durch Druck zu erhalten ist; auch ist jenes ein Beweis für die Richtigkeit des oben ausgesprochenen Satzes.

Ueber die Bildung der Patina auf Bronzelegierungen hat Prof. Rud. Weber in Berlin Untersuchungen ausgeführt und seine Beobachtungen in einer Reihe von Abhandlungen<sup>1)</sup> niedergelegt.

Die in großen Städten vielfach aufgestellten, aus Bronzelegierungen bestehenden Bildsäulen bedecken sich keineswegs durchgängig im Laufe der Zeit mit jener schönen grünen Oxidschicht, welche wegen ihres öfteren Auftretens an antiken Bronzen mit dem Namen „antike Patina“ belegt wird. Während letztere nicht allein eine schöne, oft leuchtende Farbe zeigt und sich durch eine oft bis zum Glanze gesteigerte Glätte, so wie durch einen Grad von Transparenz auszeichnet, welche das unterliegende Metall durchschimmern läßt, bedecken sich neuere Statuen in großen Städten vielfach mit einer sehr dunkeln, stumpfen Oxidhaut, von rauhem, unschönen, an Gußeisen erinnernden Ton.

Diese rauhe, stumpfe Oxidhaut wird nun einerseits vom künstlerischen Standpunkte als ein Mangel erachtet, weil sie unschön ist, auch das edle Metall nicht zur Wirkung kommen

1) Dingler's pol. Journ. 1882 Bd. 245 S. 86, 125, 176 u. 256.

läßt; andererseits tritt vom rein technischen Standpunkte das Bedenken hervor, daß die reichliche Bildung und Absonderung von Oxid ein baldiges Vergehen der feinen Konturen solcher Bronzen zur Folge haben muß.

Mannigfach hat man sich bestrebt, die Bedingungen zu erforschen, unter denen sich die Bronzen mit einer Oberflächenschicht bekleiden, wie sie bei den antiken Statuen vielfach auftritt. Daß diese Erscheinung nicht lediglich durch das hohe Alter bedingt wird, lehren gut patinierte, aus jüngerer Zeit stammende Güsse. Beispiele der Art sind die in den kgl. Gärten bei Potsdam aufgestellten Statuen. Als nothwendige Vorbedingung für die Möglichkeit der Entstehung von Patina muß selbstverständlich eine reine Atmosphäre, eine die Bildsäule umgebende Luft vorausgesetzt werden, welche keine die Metalle schwärzenden, zufälligen Nebenbestandtheile (z. B. Schwefelwasserstoff, Kloakengase, oder auch reichliche Mengen von Rauch, insbesondere fossiler, an Schwefel reicher Kohlen) enthält. Es ist nicht zu erwarten, daß in der Nähe stinkender Abzugsgräben derartige oxydische Ueberzüge entstehen und sich erhalten werden, denn selbst die gebräuchlichen edlen Metalllegierungen werden ja unter dem Einflusse solcher Dünste schwarz.

Als einen der Patinabildung günstigen Umstand hat man die Feuchtigkeit angesehen. Man stützt sich dabei auf die erwähnten, an den bronzenen Brunnen gemachten Erfahrungen, sowie auf die allbekannte Beobachtung der raschen Oxydation zeitweilig befeuchteter Metalloberflächen. Ein Salzgehalt der atmosphärischen Niederschläge, wie solcher in der Nähe der Meeresküste bekanntlich allgemein vorhanden ist, begünstigt den Oxydationsprozeß, der in den Bronzen enthaltenen Metalle. Zu diesen äußeren Bedingungen gehört auch die Beschaffenheit der Oberfläche der Bronzen. Langjähriger Erfahrung gemäß setzen dichte, glatte Flächen besser und dauerhafter als poröse, ungleichmäßige Oberflächenschichten an.

Was nun diesen äußerlichen Verhältnissen gegenüber den Einfluß der Natur des Metalles auf die Patinabildung betrifft, so lehren vieljährige Erfahrungen an den mannigfaltigsten Gegenständen das sehr abweichende Verhalten der Zinklegierungen (des Rothgusses, des Messings) gegenüber den Zinnlegierungen. Unbekannt ist es, daß das Messing namentlich

in feuchter Luft leicht schwarz wird, mit einer stumpfen, rauhen Oxidschicht sich überkleidet, während Gegenstände aus Bronze solchen Einflüssen entschieden widerständiger, der Oxidation nicht in dem Maße unterworfen sind.

Obschon solche Erfahrungen denn doch den Gedanken nahe legen, daß die Zusammensetzung einen Einfluß auf die Neigung der Güsse, in freier Luft sich zu schwärzen, ausübt, so hat man in der neuesten Zeit doch immer wieder Standbilder ausgeführt, die aus Legierungen mit namhaften Zusätzen von Zink bestehen. Dieser Gebrauch findet seine Erklärung darin, daß die Legierungen auch mannigfachen anderen Bedingungen zu genügen haben, von denen einerseits das leichtere Gelingen des Gusses und andererseits Erleichterungen der Nacharbeitung abhängen.

Erfahrungsmäßig werden Legierungen, welche nur Kupfer und Zinn enthalten, beim Erkalten leicht ungleichförmig, indem aus der erstarrenden Metallmasse Gemische von anderer Zusammensetzung, nämlich an Zinn reichere, härtere, sich abscheiden. Diese Ausscheidungen bedingen nun einerseits eine ungleichförmige Färbung der Metalloberfläche, andererseits erschweren sie oft wegen ihrer großen Härte die Eiselerung. Zusatz von Zink und Blei, welches letztere vielfach in den griechischen, römischen, auch in den egyptischen Bronzen angetroffen wird, mindert diesen Uebelstand wesentlich ab. Namentlich wirkt das Zink sehr dieser Entmischung entgegen; es bewahrt damit die Gleichmäßigkeit der Metalllegierung und bedingt die dem Eiselerer sehr erwünschte gleichartige Härte. Dabei begünstigt es die Dünnflüssigkeit, verhindert das zu starke Einsinken des erstarrenden Metalles und das in der Ausscheidung von Gasblasen beruhende Poröswerden. Auch das Blei wirkt auf eine bessere Vereinigung von Kupfer und Zinn; davon ist aber nur ein kleiner Zusatz zulässig, da es sich leicht abscheidet und die Oberfläche der Güsse fleckig macht.

So hat sich denn das Zink seit langer Zeit beim Statuengusse eingebürgert und ist auch in den Metallgemischen der Bronzen neuerer Zeit vielfach vertreten.

Folgende Zahlen veranschaulichen die Zusammensetzung solcher Bronzen und die große Variation hinsichtlich des Mischungsverhältnisses.



|              | Standbild<br>Louis XIV. von<br>Keller | Standbild<br>Louis XV. von<br>Gor | St. Georg=<br>Gruppe zu Lauch=<br>hammer gegossen | Standbild von<br>Brandenburg,<br>von Gladenbeck<br>gegossen |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Kupfer . . . | 91,40                                 | 82,45                             | 90,52                                             | 89,15                                                       |
| Zink . . .   | 5,35                                  | 10,30                             | 6,98                                              | 8,59                                                        |
| Zinn . . .   | 1,70                                  | 4,10                              | 2,30                                              | 1,76                                                        |
| Blei . . .   | 1,37                                  | 3,15                              | 0,86                                              | 0,32                                                        |
|              | 100,00                                | 100,00                            | 100,66                                            | 99,82                                                       |

Diesen zinkischen Legierungen stehen diejenigen gegenüber, welche jenes Metall nur in sehr untergeordneter Menge enthalten. Dazu gehören nicht allein die antiken Bronzen aus der Blüthezeit griechischer und römischer Kunst, sondern auch die einer wesentlich späteren Zeitepoche, wie das Standbild des großen Kurfürsten in Berlin und eine größere Zahl kleinerer, im Freien aufgestellter Kunstgebilde. Sie zeigen, wie die oben erwähnten Schwierigkeiten des Gießens und Eiselierens auch ohne Mitwirkung erheblicher Mengen von Zink überwunden werden können. Von verschiedenen Seiten wird dem Zink ein schädlicher Einfluß auf die spätere Oberflächenbeschaffenheit zugeschrieben. Ganz allgemein ist im Publikum die Meinung verbreitet, daß das pechschwarze Ansehen des Denkmals Friedrichs des Großen in dem erheblichen Zinkgehalte, in der messingartigen Natur des dazu verwendeten Metalls beruhe. Dem gegenüber wird nun aber von anderer Seite geltend gemacht, daß auch namhaft Zink enthaltende Legierungen sich gut patinieren könnten. Sichere Normen, hervorgegangen aus vergleichenden Beobachtungen, fehlen.

Mit der Frage über die Bedingungen der Bildung einer guten Patina hat sich auch der Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes in Berlin beschäftigt.

Nach dem zuletzt erstatteten Berichte desselben ergibt sich als Resultat der von ihm angestellten Versuche, daß Bronzen von verschiedenster Zusammensetzung eine schöne grüne Patina annehmen können, und daß die Patinabildung durch öfteres Abwaschen, durch öfteres Ueberreiben mit Del befördert wird.

Nach Weber ist durch jene Operationen, trotz mehrjähriger Fortsetzung, auf den Berliner Standbildern grüne Pa-

tina nicht hervorgerufen worden. Mannigfache Wahrnehmungen an im Freien aufgestellten Denkmälern und an anderen Metallgegenständen haben den Verfasser zu der Ansicht geführt, daß das für die Patinabildung wesentlichste Moment die Zusammensetzung der Legierungen ist.

Bei weiterer, eingehender Erörterung der Frage gelangte Weber zu der Ueberzeugung, daß namentlich ein Zinkgehalt der Legierung vielfach zur Bildung der mißfarbigen Oberflächenschicht Veranlassung giebt. Er zeigte, daß zinkhaltige Legierungen auch bei Abwesenheit von Schwefelwasserstoff an der Atmosphäre einer Schwärzung unterliegen können und zwar soll der dabei statthabende Prozeß etwa in folgender Weise vor sich gehen. Von dem durch Oxidation entstehenden Kupferoxyd geht unter Vermittlung der atmosphärischen Kohlensäure und des Regenwassers ein Theil in Lösung. Bei Einwirkung verdünnter Kupferlösung auf Kupferzinklegierungen überziehen sich letztere, wie sich Weber durch direkte Versuche überzeugte, mit dunklen Beschlägen, die um so schwärzer erscheinen, je größer der Zinkgehalt der Legierungen ist. Die Natur des schwarzen Beschlages ist noch nicht genügend aufgeklärt; er scheint aus einem schwarzen Kupferzink zu bestehen, das der Oxidation hartnäckig widersteht; nur unter selten vorhandenen, günstigen Bedingungen (an feuchter reiner Atmosphäre) tritt die Oxidation ein. Zinkfreie Bronzen unterliegen der Schwärzung unter dem Einflusse verdünnter Kupferlösungen nicht. Auch ein Arsengehalt des Kupfers kann die Schwärzung desselben oder seiner Legierungen beim Liegen an der Luft begünstigen. Bei der Untersuchung der in den Gärten von Sanssouci aufgestellten Statuen (der Schäfer nach Thorwaldsen, das Bacchusstandbild, der Germanicus, die Minerva und die Amazone) ergab sich, daß die Schönheit der auf ihnen sich entwickelt habenden Patina in umgekehrten Verhältnis zu ihrem Zinkgehalt stand.

Sonach bieten die reinen Zinnbronzen, welche aus guten, namentlich arsenfreien Materialien geschmolzen sind, die meiste Aussicht, sich im Laufe der Zeit mit der gewünschten, schönen, grünen Patina zu bedecken und man sollte nach Weber die Erzbilder nicht aus den leider so vielfach angewendeten zinkischen Legierungen herstellen, welche überdies wegen der durch das Zink

herbeigeführten raschen Oxydation, durch Bildung starker Oxydschichten dem schnelleren Vergehen unterliegen und infolge der sie überlagernden rauhen Oxydmassen, mit denen schwarze Ruß- und Staubtheilchen in innige Verbindung treten, bald ein sehr mißfarbiges Aussehen zu gewinnen pflegen. Die immerhin wenig zahlreichen Ausnahmefälle, in denen zinkische Legierungen die schöne Patina annehmen, sind nach Weber auf besonders günstige atmosphärische Verhältnisse zurückzuführen und können die Anwendung der zinkischen Legierungen nicht rechtfertigen.

Um der schnellen Oxydation der Zinkbronzen entgegenzuwirken, und zugleich die rasche Farbenveränderung zu beschränken, hat man die Statuen mit einer vor der LuSTEINWIRKUNG sie möglichst schützenden, von Zeit zu Zeit zu erneuernden Ueberzugsschicht versehen, nachdem man sie mit Kalilauge von Schmutz und den rauhen, stumpfen Oxydschichten befreit hat. Das so behandelte Blücherdenkmal in Berlin, welches früher pechschwarz war, hat nun seit mehreren Jahren den braungelben, metallfarbigen Ton bewahrt.

### Iridium. <sup>1)</sup>

In Oregon hat man entdeckt, daß kleine Körner eines Metalles, die im dortigen Goldsande vorkommen und bisher für Eisen gehalten wurden, aus Iridium bestehen. Da nun die technische Bedeutung des Iridiums infolge des Holland'schen Schmelzprozesses außerordentlich erhöht ist, so knüpft man in Oregon große Hoffnungen an diese Entdeckung und sucht deshalb ungleich eifriger als früher nach diesem Metall.

### Neu entdeckte Elemente.

Aktinium, ein neues Element im Handelszink. Aus der Beobachtung, daß Zinkweiß, welches durch Fällen einer Zinklösung mit Schwefelbarium und nachfolgendem Glühen erhalten war, im direkten Sonnenlichte schwarz, im Dunkeln wieder weiß wurde, schloß T. L. Phipson <sup>2)</sup> auf die Gegenwart eines neuen

1) Scient. Americ. 11. Juni 1881. Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1881 S. 327 durch Chem. Centralbl. 1882 S. 47.

2) Dingler's pol. Journ. 1882 Bd. 243 S. 88 nach Chemical News. 1881 t. 44 p. 51, 138, 191.

Elementes, welches er „Aktinium“ nannte. Die Verbindungen desselben haben viel Aehnlichkeit mit denen des Cadmiums, jedoch schwärzt sich das Aktiniumsulfid im Sonnenlicht; das erwähnte Zinkweiß enthielt davon 4 Proz.

**Decipium und Samarium.** Im Jahre 1878 hat Delafontaine<sup>1)</sup> ein aus dem Samarskit dargestelltes neues Metall beschrieben, das Decipium (dies. Jahrb. Bd. 15 S. 371), dessen Sauerstoffverbindung, die Decipinerde, das Aequivalent von ca. 122 besitzen sollte. Es hat sich aber herausgestellt, daß die Decipinerde ein Gemenge von wenigstens zwei Erden ist, die durch die verschiedene Löslichkeit ihrer Sulfate in Glaubersalzlösung getrennt werden können. Die eine mit dem Aequivalent von ca. 130 scheint kein Absorptionsspektrum zu geben und Verfasser behält für dieses Metall den Namen Decipium bei; die andere, welche ein viel kleineres Aequivalentgewicht besitzt (unter 117) und welche das vom Verfasser früher beschriebene Absorptionsspektrum liefert, ist das Oxid des von Lecog entdeckten Samarium. (dies. Jahrb. Bd. 16 S. 338). Die von Marignac im Samarskit aufgefundenene Erde  $Y-\beta$  hält Verfasser für Samariumoxid,  $Y-\alpha$  für ein Gemenge von Decipium- und Terbiumoxid.

**Philippium.** Dieses von Delafontaine entdeckte Element (dies. Jahrb. Bd. 15 S. 371) existiert nach H. E. Roscoe<sup>2)</sup> nicht. Letzterer zeigte, daß ein Gemisch der Formiate des Terbium und Yttrium sich wie das angebliche ameisensaure Philippium von Delafontaine verhält.

**Helium.** Die Linie  $D^3$  (Wellenlänge 588) des gelben Theiles im Sonnenspektrum wird von verschiedenen Physikern einem hypothetischen Elemente Helium zugeschrieben. Dasselbe soll mit Wasserstoff fast allein die „Chromosphäre“ genannte leuchtende Sonnenhülle bilden. Eug. Spée<sup>3)</sup> hält es für wahrscheinlich, daß die Linie  $D^3$  ebenso wie C und F zum Wasserstoffspektrum gehört.

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881 Bd. 14 S. 2227 nach Compt. rend. t. 93 p. 63.

2) Dingler's pol. 1882 Bd. 245 S. 96 nach Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 1274.

3) Städel's Jahresbericht 1882 S. 3 nach Bullet. Acad. Belg. t. 49 p. 311, 379.

### Kohlenwasserstoffe.

Unserer Kenntniss der Reihe der normalen gesättigten Kohlenwasserstoffe  $C_n H_{2n+2}$  (Normalparaffine), ist durch eine verdienstvolle Arbeit F. Krafft's<sup>1)</sup> wesentlich gefördert worden. Nachdem derselbe durch seine Arbeit über die Fettsäuren (siehe unten unter Art. „Fettsäuren“) eine größere Anzahl der bisher noch wenig gekannten resp. unbekanntes normalen Fettsäuren im Zustande völliger Reinheit dargestellt, fand er in der Mischung von Jodwasserstoffsäure und rothem Phosphor ein Mittel, die von ihm dargestellten Fettsäuren, ferner auch Säuren der Delsäurereihe, wie die Undecylensäure  $C_{11} H_{20} O_2$ , endlich auch Aldehyde und Ketone (letztere nach vorausgegangener Behandlung mit Phosphorchlorid) in die entsprechenden gesättigten Kohlenwasserstoffe überzuführen. Wir entnehmen seinen Mittheilungen Folgendes:

Bei der unten beschriebenen Darstellung der Undecylsäure  $C_{11} H_{22} O_2$  durch Erhitzen der Undecylensäure  $C_{11} H_{20} O_2$  mit Jodwasserstofflösung und Phosphor betrug die Ausbeute an ersterer etwa 70 Proz. der letzteren. Fortgesetztes Erhitzen vergrößerte die Ausbeute keineswegs, vielmehr trat bald ein Punkt ein, wo die gesammte, anfangs so reichlich gebildete Fettsäure, wieder verschwunden war, und das Ergebnis bestand nun in einer mit Wasserdämpfen, übrigens auch für sich leicht übergehenden Flüssigkeit, neben einer anderen kaum flüchtigen, anscheinend mitunter komplexen Substanz: also aus zwei Produkten, deren jedes für sich ziemlich genau der Hälfte der verarbeiteten Undecylensäure entsprechen mochte. Der Siedepunkt des specifisch leichten Liquidums, welches in erster Linie die Aufmerksamkeit fesselte, stellte sich alsbald auf  $193-195^{\circ}$  (unter gewöhnlichem Druck) ein, und schon die oberflächliche Untersuchung der Substanz ergab das Vorliegen eines Kohlenwasserstoffes, wie man solches in der Reihe der Fettsäuren bei Anwendung von Jodwasserstofflösung für sich allein, wegen der sekundären Einwirkung des in hoher Temperatur freierwerdenden Jods stets nur mit sehr unbefriedigendem Ergebnisse beobachtet hat. Dieses Resultat wurde an den ja vollzählig disponibeln höheren Ho-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1882 Bd. 15 S. 1687 bis 1727.

mologen der Ameisensäure zu verwerthen gesucht, wo von vornherein ein womöglich noch glatterer Verlauf der Reaction als bei einer ungesättigten Substanz, wie es die Undecylensäure ist, und somit ein direkt sehr reines Produkt zu erwarten stand. In der That blieb der Erfolg, sobald empirisch die vortheilhafteste Erhitzungsweise ausgemittelt worden war, bei der Reduktion der Säuren von der Nonylsäure bis zur Stearinsäure hinauf, durchweg derselbe, indem stets der mit dem Ausgangsmaterial gleichviel Kohlenstoffatome enthaltende Kohlenwasserstoff in großer Reinheit resultierte. Bei dieser Sachlage, und besonders weil sich bald in den Ketonen (und Aldehyden) noch dankbarere Reduktionsmaterialien als die Fettsäuren boten, erschien es statthast, zuvörderst vom Studium des genannten Reagens selbst, welches übrigens ein ziemlich kompliziertes ist, sowie von einer Zergliederung der Reaction in ihre verschiedenen Phasen abzusehen. Mittlerweile wurde auch von *Damoiseau* (siehe oben S. 344) wiederum auf die eigenthümliche Wechselwirkung zwischen Phosphor und Jodwasserstofflösung hingewiesen. Wie der gewöhnliche Phosphor verhält sich bei ca.  $200^{\circ}$  auch der rothe.

Da während der Arbeit immer wieder die gleichen Bedingungen und Vorsichtsmaßregeln beobachtet wurden, ist es das einfachste, die kurze Angabe derselben einer Aufzählung der Resultate voranzustellen. Man beschickt eine starkwandige Einschmelzröhre aus strengflüssigem Glase mit (2—4 Gr.) der zu reducirenden Fettsäure, 3—4 Gewichtstheilen Jodwasserstofflösung von 1,7 specifischem Gewicht, sowie 0,3 bis 0,4 Gewichtstheilen rothem Phosphor und erhitzt nach dem Zerschmelzen zunächst 3—5 Stunden auf  $210$ — $240^{\circ}$ , jedoch nicht so hoch oder so lange, daß wenigstens bei den vorgenannten für Beendigung des Processes ungenügenden Verhältnissen, merkliche Jodmengen frei werden und zersetzend wirken können. Dieses Erhitzen wiederholt man, ohne obige Zeitdauer und Temperaturhöhe wesentlich zu überschreiten, noch zwei bis dreimal, wobei man zwischenein jedes Mal behutsam öffnet, um den Phosphor zu erneuern und (hiermit etwa vor der dritten Erhitzung beginnend) auch eine geringe, ungefähr gleiche Quantität Wasser zur nachherigen Zersetzung der Phosphorverbindungen (unter Regeneration von Jodwasserstoff) aus einer Bürette zufließen zu lassen.

Wenn man von der Monylsäure aufwärts steigend die Fettsäuren in dieser Weise verarbeitet hat, sieht man nach hinlänglicher Erhitzung häufig drei verschiedenfarbige, scharf von einander abgegrenzte Schichten: zu unterst die konzentrierte Lösung des mehr oder weniger zeretzten Reduktionsgemisches, darüber eine dunkle, übrigens schon mit Wasser sich entfärbende Schicht und obenauf das völlig farblose Hydrokarbür, welches sich nach Wasserzusatz von der mittleren, spezifisch schwereren Neubildung scharf trennt und durch ein langes, heberförmiges Kapillarrohr oder eine geeignete Pipette direkt abgehoben werden kann. Die beiden soeben angedeuteten, sich indessen nicht immer freiwillig von einander scheidenden Produkte treten stets, wenn eine höhere, freie Fettsäure in der geschilderten Weise behandelt wird, so regelmäßig und mit so konstantem Gewichtsverhältnis auf, daß man vorbehaltlich eingehenderen Studiums nicht umhin kann, anzunehmen: es beruhe die Bildung von nur soviel Kohlenwasserstoff, als gerade der Hälfte des Ausgangsmaterials entspricht, auf einem eigenthümlichen Mechanismus der Reaktion. Sei es nun, daß das flüssige Hydrokarbür sich von seinem Nebenprodukte getrennt hat und direkt abgehoben werden konnte oder nicht: man beseitigt zunächst die anorganischen Beimengungen durch Waschen mit Wasser. Weiter nach oben in der homologen Reihe, wo stets feste, krystallinische Gemenge entstehen, erhitzt man mit Wasser bis zum Schmelzen der schließlich aufschwimmenden Kohlenstoffverbindungen. Behufs bequemen Abpipettierens läßt man die Flüssigkeiten durch Wasserzusatz immer bis in den engen Hals der Gefäße steigen, während man da, wo feste Produkte sich bilden, die weitere Manipulation durch Aufnehmen derselben in Aether erleichtern kann. Aus dem vorgereinigten Reaktionsprodukt destilliert man das Hydrokarbür mit Wasserdämpfen über, oder man rektifiziert es für sich unter Anwendung genügend verminderten Druckes und aus einem passenden Bade, wodurch man der Bildung selbst von Spuren sekundärer Produkte auf alle Fälle noch am sichersten ausweicht. Der so erhaltene, in der Regel auch schon ohne Weiteres reine Kohlenwasserstoff wird noch einer Behandlung mit erwärmter konzentrierter Kalilauge und zuletzt einer, ausnahmsweise zwei oder drei langsam geleiteten Rektifikationen (im luftverdünnten Raume) unterworfen, womit die Darstellung

abschließt. Die festen Kohlenwasserstoffe der zu beschreibenden Folge wurden meistens noch aus Alkohol, Aetheralkohol oder Aether umkrystallisiert, dadurch aber Schmelzpunkt und andere Eigenschaften kaum mehr alteriert, was für die Zuverlässigkeit der entsprechenden Beobachtungen mit dem flüssigen, lediglich durch Rectifikation gereinigten Gliedern der Reihe von Bedeutung ist.

Neben den freien Fettsäuren und mit womöglich noch günstigerem Ergebnisse wurden gleich beim Beginn der Untersuchung die durch trockene Destillation ihrer Barytsalze mit Acetat entstehenden Ketone  $C_nH_{2n}O$  in den Kreis der Versuche gezogen. Eliminirt man — und dies scheint unerläßlich zu sein — aus solchen Körpern zuvörderst den Sauerstoff durch überschüssiges  $PCl_5$  unter allmählichem Erwärmen im Delbade bis auf schließlich  $190-200^\circ$ , unterbricht das Erhitzen, nachdem der nicht verbrauchte Chlorphosphor theilweise überdestillirt ist und gerade bevor die Masse durch Zersetzung sich schwärzt, wäscht mit Wasser u. s. f. — dann ist die Reduktion der solchermaßen gebildeten gechlorten Kohlenwasserstoffe, deren intermediäre Reinigung und Isolierung völlig zwecklos erscheint, durch die eben so durchgreifend als glatt wirkende Jodwasserstoffphosphormischung eine sehr leichte und mit quantitativem Erfolg ausführbare Operation. Die Reduktion erfordert hier eine geringere Wasserstoffzufuhr als im vorerwähnten Falle, und deshalb können schon größere Substanzmengen auf einmal verarbeitet werden. Das ausschließliche Produkt ist reiner Kohlenwasserstoff und zur Beseitigung seltener ölicher Verunreinigungen genügt eine Krystallisation aus Aetherweingeist. Man versäumte indessen auch hier nie, den Kohlenwasserstoff mit concentrirter Kalilauge zu erwärmen und rectificierte dann noch einmal unter vermindertem Druck.

Dergestalt konnte nun, unter stetiger Ausnutzung der bei der Arbeit wachsenden Erfahrungen, in verhältnismäßig kurzer Frist eine homologe Reihe nachweislich normaler Kohlenwasserstoffe gewonnen werden, die in ihrem unteren Theile von  $C_9H_{20}$  bis zu  $C_{24}H_{50}$  ganz vollständig ist: nach oben, bis zum fünfunddreißigsten Gliede greift Kraft für seine Mittheilung einige Repräsentanten heraus, die laut Beschreibung sehr leicht rein zu erhalten sind und aus deren Eigenschaften sich durch



einfache Interpolation mit voller Sicherheit diejenigen der noch fehlenden Zwischenstufen der Paraffinreihe ableiten lassen.

Während es bekanntlich für die acht ersten normalen Glieder der Sumpfgasreihe nicht an theoretisch und praktisch mehr oder weniger verwerthbaren Bildungsweisen und Vorkommnissen fehlt, sind unsere Kenntnisse über die höheren Glieder dieser Reihe selbst in den vereinzelt Fällen, wo immerhin dankenswerthe Angaben vorliegen, ganz fragmentarischer Natur und ungeeignet, weiteren Untersuchungen als Grundlage zu dienen. Die vorliegende Arbeit beginnt demgemäß mit der Darstellung und kurzen Charakterisirung des normalen Nonans. Zu dessen Bereitung wurde Normalnonylsäure verwendet. Als zugänglichste und ergiebigste Quelle dieser letzteren darf man wohl die Kalischmelze der Undecylensäure (siehe unten) betrachten, eine Operation, die deshalb hier etwas genauer beschrieben werden soll. Man giebt auf 1 Gewichtstheil Undecylensäure 3—4 Theile Kalihydrat mit wenig Wasser in einen eisernen Kessel und erhitzt das sich lösende Gemenge unter stetigem Umrühren. Sobald kein Wasserdampf mehr entweicht, kommt die bei höherer Temperatur schmelzende Masse in gleichmäßigen Fluß und entwickelt 2—3 Stunden beträchtliche Mengen Wasserstoff. Man löst zuletzt die erkaltende Schmelze in Wasser, filtriert, zerlegt durch Erwärmen mit Salzsäure und wäscht das abgeschiedene Del mit Wasser. Die Rektifikation der Rohsäure im luftverdünnten Raume liefert rasch, besonders bei Beseitigung der ersten feuchten und tiefer schmelzenden Antheile und deren nochmaliger Fraktionierung für sich, sowie schließlichem Auspressen bei tiefer Temperatur ein ganz reines Präparat. Unter einem Druck von 100 Millim. liegt der Siedepunkt der bei  $12,5^{\circ}$  schmelzenden Normalnonylsäure bei  $186^{\circ}$ , unter einem solchen von 760 Millim. bei  $253 - 254^{\circ}$  (corrigiert), doch ist diese Temperatur bereits der Reinheit des Präparates nachtheilig. Verglichen mit Wasser von  $4^{\circ}$  war das Gewicht der Flüssigkeit  $d_{12,5} = 0,9109$ ;  $d_{17,5} = 0,9068$ ;  $d_{99,3} = 0,8433$ . — Bei Anwendung des oben eingehend beschriebenen Reduktionsverfahrens auf die Nonylsäure erhält man unter Voraussetzung sorgfältiger Arbeit aus 24 Gr. Säure reichlich 9 Gr. Kohlenwasserstoff, eine Quantität, welche in der That einer theoretischen Ausbeute von 50 Proz. gleichkommt. Das zweite Pro-

dukt beeinträchtigt in Folge seiner Schwerflüchtigkeit wie seiner salzbildenden Eigenschaften die Reindarstellung des normalen Nonans,  $C_9H_{20}$ , nicht im allergeringsten und wurde daher, nach Feststellung seiner Unschädlichkeit in diesem Sinne, hier und in den weiteren Fällen der Reduktion höherer Fettsäuren vorläufig einfach bei Seite gestellt. Die Analyse des gereinigten Kohlenwasserstoffes führt zur Formel  $C_9H_{20}$ . Kühlt man dieses Nonan, in Kapillarröhren eingeschmolzen, durch schweflige Säure ab, die man anfänglich unter 10 Millim. rasch verdunsten läßt, so erstarrt es sofort großkrystallinisch und schmilzt dann wieder bei  $-51^{\circ} C$ . Bezüglich der Vorsichtsmaßregeln, die zur Feststellung so tiefer Schmelzpunkte sehr geeignet sind, sei auf das Original verwiesen. Schon bei gewöhnlicher Temperatur ist die Flüchtigkeit des Hydrokarburs, das einen fast indifferenten, öligen Geschmack und einen milden süßlichen, für die Reinheit sehr charakteristischen Geruch besitzt, ziemlich beträchtlich, und mit Wasserdämpfen sehr bedeutend. Unter einem Druck von 11 Millim. liegt der Siedepunkt des Nonans bei  $39,5^{\circ} C$ , unter 15 Millim. bei  $44,5^{\circ}$ , unter 30 Millim. bei  $59^{\circ}$ , unter 50 Millim. bei  $70^{\circ}$ , unter 100 Millim. bei  $86^{\circ}$ , unter 760 Millim. bei  $149,5^{\circ}$ . Das spezifische Gewicht ergab sich, bezogen auf Wasser von  $4^{\circ}$ , bei verschiedenen Temperaturen wie folgt:  $d_0 = 0,7330$ ;  $d_{13,5} = 0,7228$ ;  $d_{15} = 0,7217$ ;  $d_{20} = 0,7177$ ;  $d_{99,1} = 0,6541$ .

Siedepunkte unter Minderdrucken — besonders derjenige unter einem Druck von 100 Millim. Quecksilber, in dessen Höhe geringfügige Schwankungen weit weniger auf den Stand des Thermometers influieren, als bei sehr kleinen Pressionen und unter welchem außerdem das im letzteren Falle bereits ganz besondere Vorsicht zu seiner Vermeidung erfordernde Stoßen siedender Flüssigkeiten kaum jemals auftritt, der aber zur vollständigen Schonung vieler Körper bereits tief genug liegt — sind für verschiedene Zwecke von Interesse. Krafft beschreibt daher eine ebenso einfache als brauchbare Vorrichtung, um solche geringen Pressionen stets wieder bis auf mindestens 0,1—0,5 Millim. genau im Apparat herstellen zu können.

Ein Homologes des Methans mit zehn Kohlenstoffatomen wurde in einem ersten Falle aus Normalnonylsäure dargestellt. Die trockene Destillation eines gut zusammengeriebenen Ge-

menges von nonylsaurem und essigsaurem Baryt führt, und zwar besonders glatt im luftverdünnten Raume, zu einem bei ca.  $3,5^{\circ}$  schmelzenden, unter einem Druck von 100 Millim. bei  $142^{\circ}$ , unter normalem Barometerstand bei  $211^{\circ}$  siedenden Keton,  $C_{10}H_{20}O$ . Das spezifische Gewicht der völlig farblosen, apfelsinenähnlich riechenden Flüssigkeit war  $d_{3,5} = 0,8379$ ;  $d_{20} = 0,8247$ . Läßt man auf dies Aceton zuerst Phosphor-pentachlorid, unter schließlichem Erwärmen des Badbades bis zur bei etwa  $200^{\circ}$  eben beginnenden Bräunung der Substanz einwirken und reduciert dann das mit Wasser gewaschene Produkt durch Einschließen und Erhitzen mit Jodwasserstoffphosphormischung, so erhält man sogleich völlig reines, normales Decan,  $C_{10}H_{22}$ . Unmittelbar unterhalb des Schmelzpunktes —  $32^{\circ} C$ . (am Quecksilberthermometer; ein Weingeistthermometer zeigte —  $30^{\circ}$ ) erstarrt es krystallinisch und siedet unter 100 Millim. Bar. bei  $107^{\circ}$ , unter 760 Millim. bei  $173^{\circ}$ . Das spezifische Gewicht dieses Decans war 0,7456 bei  $0^{\circ}$ .

Etwas weniger leicht, obwohl mit derselben Sicherheit wie das Keton läßt sich auch die Caprinsäure in den zugehörigen Kohlenwasserstoff übersühren.

Das bei der Reduktion der gereinigten käuflichen Caprinsäure oder Decylsäure entstehende Decan ist identisch mit dem normalen aus dem Keton,  $C_{10}H_{20}O$ .

Nach Vergleichung der obigen Angaben mit denen anderer Chemiker scheint es, daß man den normalen Nonyl-, vielleicht auch den Decylwasserstoff schon in Händen hatte, obwohl nur auf Grund unsicherer oder zeitraubender Verfahren. Vergl. Thorpe u. Young, Annalen der Chem. u. Pharm., Bd. 165 S. 1 u. Jacobsen ebendas. Bd. 184 S. 201.

Ein geeignetes Material zur Darstellung reinen Undecans,  $C_{11}H_{24}$ , über welches bisher eine irgendwie brauchbare Angabe fehlte, ist das Keton,  $C_{11}H_{22}O$ , des Kautenöls, welches man bekanntlich aus dem Rohmaterial durch wiederholtes Fraktionieren und scharfes Auspressen bei genügender Kälte rein erhalten kann. Durch successive Anwendung des lebhaft einwirkenden Phosphor-pentachlorids und der Jodwasserstoffphosphormischung wird dieses Keton leicht und glatt reduciert. Zur Reinigung des mit Wasser und Kalilauge gewaschenen Produktes ist eine Rectifikation kaum mehr erforder-

lich, da schon bei der ersten Destillation das Thermometer stationär bleibt. Der Schmelzpunkt des Undecans liegt bei  $-26,5^{\circ}\text{C}$ . Unter 11 Millim. liegt der Siedepunkt bei  $74^{\circ}$ , unter 15 Millim. bei  $81^{\circ}$ , unter 30 Millim. bei  $96,5^{\circ}$ , unter 50 Millim. bei  $108,5^{\circ}$ , unter 100 Millim. bei  $127^{\circ}$ , unter 760 Millim. bei  $194,5^{\circ}$ . Die Reinheit des Präparates wurde durch eine Verbrennung kontrolliert. Das spezifische Gewicht wurde auch hier bei mehreren Temperaturen bestimmt:  $d_0 = 0,7557$ ;  $d_{15} = 0,7448$ ;  $d_{20} = 0,7411$ ;  $d_{99} = 0,6816$ .

Trotz der anscheinend unregelmäßigen Schmelzpunktsdifferenzen (Normalnonan Schmp.  $-51^{\circ}$ , Normaldecane  $-32^{\circ}$ , Undecane  $-26,5^{\circ}$ ) ist das Undecane ebenso wie die vorhergehenden Kohlenwasserstoffe ein normales, wie aus einer Zusammenstellung seiner physikalischen Eigenschaften mit denjenigen der übrigen Homologen aus evidentester hervorgeht. Eine weitere zu den höheren Homologen theoretisch hinüberleitende Bildungsweise des normalen Undecans ist diejenige aus Undecylsäure, welche letztere (siehe unten unter „Fettsäuren“) durch Oxydation des Ketons,  $\text{C}_{13}\text{H}_{26}\text{O}$  (aus Baryumlaurinat und Acetat), mittelst Chromsäuremischung erhalten wurde. Der durch die Reduktion dieser Undecylsäure gebildete Undecylwasserstoff ist, wie seine sorgfältige Untersuchung bewies, mit demjenigen aus Rautenölketon identisch.

Das nächstfolgende Glied der Sumpfgasreihe ist das Dodecane,  $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ . Eine für die Systematik interessante, obwohl, wie sich bei einer anderen Gelegenheit ergeben wird, durchaus nicht die bequemste Darstellungsweise des normalen Kohlenwasserstoffes, beruht auf der direkten Reducierbarkeit der Laurinsäure. Daraus resultiert ein unter 11 Millim. bei  $90,5^{\circ}$ , unter 15 Millim. bei  $98^{\circ}$ , unter 30 Millim. bei  $113,8^{\circ}$ , unter 50 Millim. bei  $126^{\circ}$ , unter 100 Millim. bei  $145,5^{\circ}$  und unter Atmosphärendruck bei  $214,5^{\circ}$  siedender Kohlenwasserstoff. Dieser Siedepunkt verbessert die bisherigen, ziemlich schwankenden, aber übereinstimmend viel zu tiefen Angaben, auf deren scheinbar beste ( $201-202^{\circ}$ ) noch neuerdings unzutreffende Spekulationen über die Siedepunktsdifferenzen der höheren, normalen Paraffine basiert wurden. Das Dodecane erstarrt in einer Eis- und Kochsalzmischung sofort und schmilzt gleich seinen Homologen unter beträchtlicher Volumvergrößerung

beim Steigen der Temperatur auf ca.  $12^{\circ}$  (wie alle benachbarten Kältegrade bequem zu beobachten in erkaltetem Alkohol, den man in einer Kochflasche unter starkem Umschütteln nur theilweise und immer weniger in eine schmelzende Kältemischung eintauchen läßt). Die Verbrennung der Substanz entsprach der Formel  $C_{12}H_{26}$ . Das Gewicht wurde wiederum mit Wasser von  $4^{\circ}$  verglichen und war:  $d_0 = 0,7655$ ;  $d_{15} = 0,7548$ ;  $d_{20} = 0,7511$ ;  $d_{99,1} = 0,6930$ .

Für das normale Tridecan,  $C_{13}H_{28}$ , sind an dieser Stelle abermals zwei theoretisch interessante Bildungsweisen mitzutheilen. In erster Linie die für Darstellung eines sehr reinen Präparates empfehlenswerthe Reduktion des Ketons,  $C_{13}H_{26}O$ , vom Schmelzpunkt  $28^{\circ}$  (aus einem Gemenge von Baryumlaurinat und Acetat erhalten). Der Kochpunkt des Tridecans wurde unter 11 Millim. bei  $106,5^{\circ}$ , unter 15 Millim. bei  $114^{\circ}$ , unter 30 Millim. bei  $130^{\circ}$ , unter 50 Millim. bei  $142,5^{\circ}$  und unter 760 Millim. bei  $234^{\circ}$  beobachtet. Man hat es hier bereits mit einem nur unter gewöhnlichen Verhältnissen flüssigen Hydrokarbür zu thun; bei starker Winterkälte bildet dasselbe eine krystallinisch erstarrte, transparente, biegsame Masse, deren Schmelzpunkt bei  $-6,2^{\circ}$  liegt. Der noch auffallend ätherische, schwach an Chloroform erinnernde Geruch des Nonans geht bei den bisher beschriebenen höheren Homologen mit der fortwährend abnehmenden Flüchtigkeit nach und nach in einen fast indifferenten, öligen über, welcher hier beim Tridecan und auch noch beim Tetradecan ziemlich deutlich hervortritt, dann immer schwächer wird und bei den höheren Gliedern völlig verschwunden ist: man hat vom Methan selbst beginnend so zu sagen eine Geruchskala vor sich, die freilich wegen des paraffinen Charakters dieser Substanzen lange nicht so intensiv, aber auch nicht entfernt so unangenehm ist, als diejenige der Fettsäuren, welche bis zum zwölften oder vierzehnten Gliede sich in dieser Richtung noch bemerklich machen. Die Dichtigkeit des Tridecans bezogen auf Wasser von  $4^{\circ}$ , war bei verschiedenen Temperaturen:  $d_0 = 0,7713$ ;  $d_{15} = 0,7608$ ;  $d_{20} = 0,7571$ ;  $d_{99} = 0,7008$ .

Identisch mit dem vorgenannten Tridecan ist der durch Reduktion der Tridecylsäure gebildete Kohlenwasserstoff. Ebenfalls bei gegen  $-6^{\circ}$  schmelzend und unter normalem Barometer-

stand bei  $234^{\circ}$  siedend, zeigte er auch das gleiche specifische Gewicht  $d_0 = 0,7716$ , zur Vergleichung beider Präparate vollkommen hinreichende Daten. Die Verbrennung führte in Uebereinstimmung mit den berechneten Zahlen zu 84,61 Proz. Kohlenstoff und 15,34 Proz. Wasserstoff.

Unmittelbar an die vorstehenden Kohlenwasserstoffe reiht sich in seinem chemischen und physikalischen Verhalten das normale Tetradecan,  $C_{14}H_{30}$ . Für dieses diente als vorläufiges Darstellungsmaterial aus Muskatbutter gewonnene Myristinsäure. Die Gewinnung eines Hydrokarburs, welches durch Destillation des Gesamtproductes unter ca. 15 Millim. für sich erhalten wurde und nach nochmaliger Rectifikation alle Merkmale eines reinen Körpers besaß, traf auch hier auf keine Schwierigkeit. Tetradecan erstarrt leicht und schmilzt dann wieder bei ca.  $+4,5^{\circ}$ . Es siedet unter 11 Millim. bei  $122,5^{\circ}$ , unter 15 Millim. bei  $129,5^{\circ}$ , unter 30 Millim. bei  $145,5^{\circ}$ , unter 50 Millim. bei  $158^{\circ}$ , unter 100 Millim. bei  $178,5^{\circ}$ , unter 760 Millim. bei  $252,5^{\circ}$ . Die Wägung im Pyknometer gab für die flüssige Substanz:  $d_{4,5} = 0,7753$ ;  $d_5 = 0,7750$ ;  $d_{10} = 0,7715$ ;  $d_{15} = 0,7681$ ;  $d_{20} = 0,7645$ ;  $d_{99,2} = 0,7087$ .

Zur Darstellung eines normalen Pentadecans  $C_{15}H_{32}$  diente das sehr leicht zugängliche Keton  $C_{15}H_{30}O$  vom Schmelzpunkt  $39^{\circ}$  (aus Baryummyristat und Acetat). Erhitzt man ein vollkommen reines Ausgangsmaterial mit einem genügenden Ueberschusse von  $PCl_5$  (den man am Uebersublimieren einer kleinen Menge desselben erkennt) und auf genügend hohe Temperatur, leitet sodann auch die Reduktion vermittelst der Jodwasserstoffphosphormischung richtig, so läßt hier ebensowenig wie in irgend einem der anderen Fälle die Reinheit des neugebildeten Kohlenwasserstoffes schon als Rohproduct etwas zu wünschen übrig. Trotzdem kann es doch mitunter zu Statten kommen, daß bereits in der Höhe des Pentadecans diese Körper sich in Weingeist schwer lösen und bei einer geeigneten Menge und Verdünnung desselben mit Wasser, in dem sie sämmtlich unlöslich sind, schon wenige Grade unterhalb des Schmelzpunktes sich wieder krystallinisch ausscheiden. Durch Aetherzusatz, welcher die Löslichkeit beträchtlich vermehrt, hat man auch bei den höheren Gliedern der Reihe die Substanzmenge, die nach der Abkühlung gelöst bleiben soll, mit wenig

Uebung ganz in der Hand. Die erste Bereitung reinen Pentadecans aus dem genannten Keton gab einen bei  $+10^{\circ}$  schmelzenden Körper, dessen Analyse der Formel  $C_{15}H_{32}$  entsprach. Der Siedepunkt lag unter 11 Millim. bei  $137^{\circ}$ , unter 15 Millim. bei  $144^{\circ}$ , unter 30 Millim. bei  $160^{\circ}$ , unter 50 Millim. bei  $173^{\circ}$ , unter 100 Millim. bei  $194^{\circ}$ , unter 760 Millim. bei  $270,5^{\circ}$ . Die Dichtigkeit des flüssigen Kohlenwasserstoffes wurde wiederum bei mehreren Temperaturen gemessen:  $d_{10} = 0,7759$ ;  $d_{15} = 0,7724$ ;  $d_{20} = 0,7689$ ;  $d_{99,3} = 0,7136$ .

Das Hexadecan,  $C_{16}H_{34}$ , war bisher das einzige Glied aus der Reihe der Methanhomologen, für welches, wengleich bei Darstellungen, die auf besondere Sorgfalt keinen Anspruch erheben, bestimmte Schmelzpunktangaben ( $+14^{\circ}$ ,  $+21^{\circ}$  und Siedepunkt  $280^{\circ}$ ) sich vorfinden. Die angedeuteten Notizen weichen indessen von Krafft's Beobachtung und noch mehr unter sich so erheblich ab, daß eine Identifikation der verschiedenen Präparate, deren Reinheit überhaupt vorausgesetzt, sehr voreilig wäre. Die Palmitinsäure erleidet ganz wie ihre sämtlichen Homologen unter den gewöhnlichen Bedingungen leicht partielle Reduktion, und es bietet keine Schwierigkeiten, das Hexadecan durch Erhitzen des Reaktionsproduktes im Del- oder Paraffinbad unter einem Druck von 10—15 Millim. überzutreiben und fast sogleich rein zu erhalten. Die Elementarbestimmung führte zu der Formel  $C_{16}H_{34}$ . Der Schmelzpunkt dieses normalen Kohlenwasserstoffes wurde bei  $18^{\circ}$  gefunden und stieg durch Umkrystallisieren aus Alkohol u. s. w. nicht mehr. Der Körper siedet unter 11 Millim. bei  $151^{\circ}$ , unter 15 Millim. bei  $157,5^{\circ}$ , unter 30 Millim. bei  $174^{\circ}$ , unter 50 Millim. bei  $187,5^{\circ}$ , unter 100 Millim. bei  $208,5^{\circ}$ , unter 760 Millim. bei  $287,5^{\circ}$ . Das Volumengewicht des flüssigen Kohlenwasserstoffes war:  $d_{18} = 0,7754$ ;  $d_{20} = 0,7742$ ;  $d_{25} = 0,7707$ ;  $d_{99} = 0,7197$ . Hexadecan ist ein nahezu geruchloser Körper und hat mit allen hier beschriebenen Paraffinen im festen wie im flüssigen Zustande vollkommene Farblosigkeit gemein. Die nämlichen Krystallbildungen, welche besonders schön an dem nächsthöheren Homologen beobachtet wurden, nahm man auch am Hexadecan beim langsamen Abkühlen und Erstarren der geschmolzenen Substanz deutlich wahr.

Bei dem schon erwähnten Mangel an synthetischen Untersuchungen über die höheren Paraffine mußten die Repertorien der organischen Chemie sich mit der Aufzählung einer nur dürftig charakterisierten Reihenfolge von Kohlenwasserstoffen der Formel  $C_nH_{2n+2}$  begnügen, wie man dieselbe durch fraktionierte Destillation aus Mineralöl isoliert zu haben angiebt. Von einem Nonan mit dem Siedepunkte  $136—138^\circ$  (der durch ein zu kleines Temperaturintervall von denjenigen des normalen Heptans und Octans getrennt ist, um an diese mit einiger Regelmäßigkeit sich anzuschließen) beginnend, stimmen die Eigenschaften sämtlicher Glieder dieser Folge so wenig mit denjenigen der von Krafft dargestellten Reihe überein, daß an eine Vergleichung der beiderseitigen Ergebnisse nicht gedacht werden kann. Nichtsdestoweniger sind die hier vorliegenden neuen und sichereren Angaben für eine genauere Kenntniss des Petroleums, der Mineralöle und Paraffine von gewiß nicht zu unterschätzendem Interesse.

Sehr leicht gelingt die Gewinnung von normalem Heptadecan,  $C_{17}H_{36}$ , durch successive Behandlung des Ketons  $C_{17}H_{34}O$  vom Schmelzpunkt  $48^\circ$  (aus Baryumpalmitat und Acetat) mit Phosphorpentachlorid und mit Jodwasserstoffphosphormischung. Dieser Kohlenwasserstoff, dessen Schmelztemperatur  $22,5^\circ$  die gewöhnliche Zimmerwärme wenig übersteigt, zeigte deshalb noch leichter als seine Homologen die prächtigsten Krystallisationserscheinungen, namentlich wenn eine 2—3 Millim. dicke Schicht der in einer geräumigen Schale über Wasser umgeschmolzenen Substanz an einem staubfreien Orte langsam erstarrte. Es hatten sich dann in der Regel zahlreiche Hexagonaltafeln gebildet, von drei diagonalen (1—2 Centim. langen) Rinnen durchzogen und außerdem eigenthümlich gestreift. Glanz und Transparenz dieser Erscheinung erinnerte an die schönsten Eisfiguren. Die am Boden eines Kolbens oder Becherglases geschmolzene Masse erstarrte dagegen großblättrig krystallinisch. Der Siedepunkt des Heptadecans liegt unter einem Druck von 11 Millim. bei  $163,5^\circ$ , unter 15 Millim. bei  $170^\circ$ , unter 30 Millim. bei  $187,5^\circ$ , unter 50 Millim. bei  $201,5^\circ$ , unter 100 Millim. bei  $223^\circ$ , unter 760 Millim. bei  $303^\circ$ . Die folgenden specifischen Gewichte des geschmolzenen Hydrokarburs beziehen sich wiederum auf Wasser von  $4^\circ$ :  $d_{22,5} = 0,7767$ ;



$d_{25} = 0,7749$ ;  $d_{30} = 0,7714$ ;  $d_{99} = 0,7245$ . Theils um einen Beitrag zur Kenntniss der synthetischen Margarinsäure zu liefern, sodann aber auch, um die genetischen Beziehungen der ganzen Körpergruppe zu vervollständigen, wurde ein Präparat dieser Säure reducirt, welches nach früherer Vorschrift aus Stearinsäure gewonnen war. Die Identität des Kohlenwasserstoffes aus Margarinsäure und des vorstehend beschriebenen Heptadecans ist bei deren angenehmen Eigenschaften sehr leicht und sicher festzustellen.

Die Reduktion des Oktadecan,  $C_{18}H_{38}$ , aus Stearinsäure erfolgte partiell, wie stets, und der neugebildete Kohlenwasserstoff, durch Uebertreiben unter starker Luftverdünnung vom Nebenprodukte getrennt, zeigte ohne weitere Rectifikation etwas ölig den Schmelzpunkt  $27^{\circ}$ , der durch eine Krystallisation aus Alkohol definitiv auf  $28^{\circ}$  gesteigert wurde. Größere Schwankungen im Schmelzpunkt zwischen roher und reiner Substanz wurden in dieser Versuchreihe kaum jemals beobachtet. Unter einem Druck von 11 Millim. siedet das normale Oktadecan bei  $174,5^{\circ}$ , unter 15 Millim. bei  $181,5^{\circ}$ , unter 30 Millim. bei  $200^{\circ}$ , unter 50 Millim. bei  $214,5^{\circ}$ , unter 100 Millim. bei  $236^{\circ}$ , unter 760 Millim. bei  $317^{\circ}$ . Das spezifische Gewicht der geschmolzenen Substanz war:  $d_{28} = 0,7768$ ;  $d_{30} = 0,7754$ ;  $d_{35} = 0,7719$ ;  $d_{40} = 0,7685$ ;  $d_{99} = 0,7288$ .

Aus dem zur Synthese der Margarinsäure benutzten Reton  $C_{19}H_{39}O$  (siehe unten) vom Schmelzpunkt  $55,5^{\circ}$  (gewonnen durch trockene Destillation von Baryumstearat mit Acetat) erhält man wie in den obigen Fällen ohne Mühe das normale Nonadecan  $C_{19}H_{40}$ . Das Rohprodukt erlitt hier durch Umkrystallisieren oder durch Rectificieren im luftverdünnten Raume nicht mehr die leiseste Aenderung. Der Kohlenwasserstoff schmilzt bei  $32^{\circ}$  und siedet unter einem Druck von 11 Millim. bei  $185,5^{\circ}$ ; unter 15 Millim. bei  $193^{\circ}$ ; unter 30 Millim. bei  $212^{\circ}$ ; unter 50 Millim. bei  $226,5^{\circ}$ ; unter 100 Millim. bei  $248^{\circ}$  und unter 760 Millim. bei  $330^{\circ}$  (Th. i. D.). Der geschmolzene Kohlenwasserstoff wurde in Bezug auf sein Gewicht wiederum mit Wasser von  $4^{\circ}$  verglichen:  $d_{32} = 0,7774$ ;  $d_{35} = 0,7754$ ;  $d_{40} = 0,7720$ ;  $d_{99,3} = 0,7323$ . Die Ergebnisse der Verbrennung stimmten genau mit der Formel  $C_{19}H_{40}$ .

Die Chlorirung eines Kohlenwasserstoffes, Ueberführung

des Substitutionsproduktes in den Alkohol und Oxydation des letzteren zur Säure, ist ein zur Individualisierung des Ausgangskörpers mitunter benutzter Weg. Ueberblickt man die bis zum Nonadecan geführte Paraffinreihe, so sieht man, daß bei den mitgetheilten Darstellungen ihrer Glieder die Umkehrung jenes Uebergangs sich stets wiederholt: nur wird es in Folge der durchgreifenden Wirkung der Jodwasserstoffphosphormischung — wie sie namentlich in der aromatischen Gruppe von Graebe und anderen bereits mit bestem Erfolg benutzt wurde — unnöthig einzelne, von den obigen übrigens etwas verschiedene Zwischenphasen festzuhalten. Das vorliegende Material genügt bereits vollständig zur Erledigung der wichtigen Frage, ob alle diese Kohlenwasserstoffe Glieder einer Körperreihe mit physikalisch und chemisch regelmäßig fortschreitenden Eigenschaften und somit direkt mit einander vergleichbar sind? Ob sie wie Nonan und Decan sämmtlich als „normale“ Kohlenstoffverbindungen betrachtet werden dürfen?

Diese Frage wird in der That durch die bereits oben (Seite 380) gegebene Zusammenstellung der wichtigsten physikalischen Eigenschaften der Hydrokarbiere mit endgültiger Sicherheit bejaht. Genanntes Ergebnis findet nur, wie in der Originalabhandlung näher erläutert wird, seine Bestätigung in der Systematik sämmtlicher Substanzen unter Zugrundelegung ihrer genetischen Beziehungen. Da die normale Konstitution der Fettsäuren nachgewiesen wurde (siehe weiter unten), welche den Ausgangspunkt für die Darstellung der beschriebenen Kohlenwasserstoffe bilden, so sind auch die letzteren zweifellos als normale anzusprechen. Krafft hat indessen, um unsere Kenntniß der normalen Kohlenwasserstoffe zu vervollständigen, noch fernere Glieder dieser Reihe dargestellt (a. a. O. Bd. 15, S. 1711). Er suchte zur Gewinnung eines jeden Gliedes zunächst immer ein normale Alkoholradikale enthaltendes Keton mit gleicher Anzahl von Kohlenstoffatomen im Molekül herzustellen und führte dasselbe durch succesive Behandlung mit Phosphorpentachlorid und mit Jodwasserstoffphosphormischung in den entsprechenden normalen Kohlenwasserstoff über.

Zur Darstellung des Eicosans  $C_{20}H_{42}$  diente das bei der trocknen Destillation von Bariumheptylat mit Bariummyristat resultierende Keton.

Das normale Heneicosan  $C_{21}H_{44}$  wurde aus dem bei der trocknen Destillation des undecylensauren Baryts entstehenden, wasserstoffärmeren Keton gewonnen, das normale Docosan  $C_{22}H_{46}$  aus dem durch Erhitzen von Bariumpalmitat mit Bariumheptylat gebildeten Keton, das normale Tricosan  $C_{23}H_{48}$  aus dem mittelst laurinsauren Baryts dargestellten Lauron  $C_{26}H_{46}O$ , das normale Tetracosan  $C_{24}H_{50}$  aus dem bei der Destillation von Bariumstearat mit Bariumheptylat gebildeten Keton. Endlich diene noch zur Darstellung des normalen Heptacosans  $C_{27}H_{56}$  das aus myristinsaurem Baryt gewonnene Myriston  $C_{27}H_{54}O$ , zur Darstellung des normalen Hentricontans  $C_{31}H_{64}$  das Palmiton und zur Darstellung des Pentatriacontans  $C_{35}H_{72}$  das Stearon.

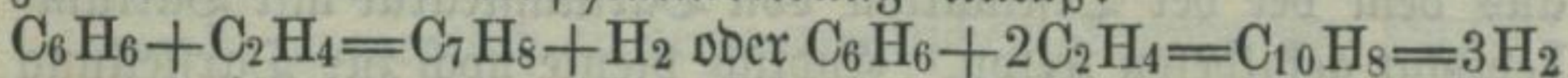
F. Krafft hat auf diese Weise 19 höhere Normalparaffine  $C_nH_{2n+2}$  rein dargestellt. Bezüglich der von ihm ermittelten, physikalischen Eigenschaften (Schmelzpunkt, spezifisches Volumen etc.) dieser Körper und der aus seinen Beobachtungen weiter abgeleiteten Schlüsse über die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften von der Zusammensetzung verweisen wir auf unsere oben (S. 281 u. f.) gemachten Mittheilungen.

Neue Mineralölquellen sind, wie die Tagesblätter berichten, in Amerika und zwar in dem neuen Warren-Distrikt erschlossen worden. Den Mittelpunkt desselben bildet das erst vor einigen Monaten entstandene Städtchen Garfield. Die erste Delquelle wurde daselbst am 28. Mai d. J. entdeckt, seitdem sollen einige Duzend anderer Delquellen aufgefunden worden sein, von denen keine weniger als 1000 Faß täglich liefert. Wie bei ähnlichen Veranlassungen anderwärts, so soll auch gegenwärtig in Garfield die Ausbeutung der entdeckten Quellen zu den tollsten Spekulationen Veranlassung geben. Die Entdeckung der Garfieldquellen verursachte ein Herabgehen der Delpreise.

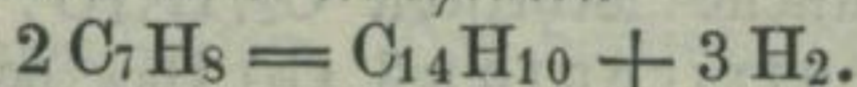
Die Gewinnung von Benzol, Naphthalin und Anthracen aus den Destillationsrückständen des Petroleums wird, wie Liebermann<sup>1)</sup> berichtet, neuer-

1) Verhandlungen des Vereins zur Befördg. des Gewerbefleißes. Sitzungsberichte 1882. S. 242.

dingß auch im Großen betrieben. — Bekanntlich war schon durch die Berthelot'schen Versuche gezeigt worden, daß einige Kohlenwasserstoffe der aromatischen Reihe sich in der Glühhitze aus wasserstoffreicheren Kohlenwasserstoffen bilden, die eine geringere Anzahl von Kohlenstoffatomen im Molekül enthalten. So verwandelt sich nach Berthelot Acetylen in gelinder Rothglut in Benzol ( $3\text{C}_2\text{H}_2 = \text{C}_6\text{H}_6$ ), Benzol und Aethylen geben zur Toluol- oder Naphthalinbildung Anlaß:



Toluol liefert in der Glühhitze unter Wasserstoffentwicklung Ditolyl, Phenantren und Anthracen



Während diese Umwandlungen im Allgemeinen nicht glatt verlaufen, weil in der Glühhitze andere Prozesse nebenher gehen, vollziehen sich doch andere wie der Uebergang von Benzol in Diphenyl ( $2\text{C}_6\text{H}_6 = \text{C}_{12}\text{H}_{10} + \text{H}_2$ ) oder von Benzoltoluol in Anthracen ( $\text{C}_{14}\text{H}_{14} = \text{C}_{14}\text{H}_{10} + 2\text{H}_2$ ) fast quantitativ, namentlich wenn man für Wegschaffung des Wasserstoffs durch Ueberleitung über Oxydationsmittel z. B. über glühendes Bleioxyd sorgt. In der Glühhitze verlaufen demnach Synthesen, welche geradezu auch zu den gesuchten, technisch werthvollen Produkten des Steinkohlentheers führen. Daneben finden aber vielfach andere Reaktionen, z. B. Zerlegungen komplizierter in einfachere Moleküle statt, wobei umgekehrt wieder die einfachsten Kohlenwasserstoffe wie Grubengas, Aethylen, Aethan, Acetylen u. a. sich aus den komplizierteren Verbindungen bilden.

Unzweifelhaft kommen alle diese Reaktionen bei dem trocknen Glühproceß, welchen die Steinkohle in der Gasfabrikation erleidet, gleichzeitig zur Geltung. Die Theorie dieses Glühprozesses ist daher die, daß aus der Steinkohle sich zugleich Kohlenstoff, Wasserstoff, Wasser und Kohlenwasserstoffe bilden, die in der Glühhitze gegenseitig weiter aufeinander einwirken. Hierdurch wird die Bildung der in der Steinkohle nicht präformierten Steinkohlentheerbestandtheile verständlich. Auch wird der Grund ersichtlich, weshalb die gleiche Steinkohle bei verschiedenen Temperaturen recht verschiedene Produkte liefern kann. Denkt man sich die Glühhitze durch einen langen Zeitraum andauernd, so überzeugt man sich leicht, daß sich allmählich ein von der Temperatur abhängiger Gleichgewichtszustand der

Produkte herzustellen bestrebt sein wird, der, je länger das Glühen dauert, um so weniger von der ursprünglichen Mischung des Materials beeinflusst sein wird. Diese Theorie der Theerbildung läßt auch erkennen, warum Theere ganz verschiedener Materien wie des Kolophoniums, des Benzocharzes, des Stuppfetts von Idria einen qualitativ sehr ähnlichen Bestand an Verbindungen aufweisen.

Einem solchen Zustande des Gleichgewichtes für höhere Temperatur entspricht der Steinkohlentheer, bei dessen Herstellung sehr viel stärkere Glühhitze als bei den anderen Theeren zur Anwendung kommt. Deshalb war es wahrscheinlich, daß auch andere Theere: Braunkohlen- und Naphtaöle noch die Fähigkeit haben, bei nachträglichem Glühen in das Gemenge von Substanzen, welches wir Steinkohlentheer nennen, überzugehen.

Liebermann hat schon vor längerer Zeit gemeinschaftlich mit D. Burg<sup>1)</sup> gezeigt, daß man die werthloseren Abfallprodukte der Weißensfels-Zeitzer Braunkohlendestillation beim Durchführen durch mit Bimstein oder Holzkohle angefüllte glühende Röhren, in eine dem Steinkohlentheer ganz ähnliche Mischung mit beträchtlichem Gehalt an Benzol, Naphthalin und Anthracen überführen kann. Petny<sup>2)</sup> hat mit gleichem Resultate ähnliche Versuche mit Petroleumrückständen angestellt. Auch Wichelhaus und Salzmann<sup>3)</sup> sowie Atterberg<sup>4)</sup> haben übereinstimmende Resultate bei gleicher Behandlung des Theers der Paraffin- resp. der Holzölfabriken erhalten.

In größerem Maaßstabe wird nun dieser Prozeß gegenwärtig von der Firma Gebrüder Nobel in Baku fabrikmäßig durchgeführt. Das von dieser Firma aus Petroleumrückständen dargestellte Benzol, Naphthalin und Anthracen wurde von Liebermann untersucht. Das Anthracen bildete eine grüne Masse mit einem Gehalt von 25 bis 35 Proz. an reinem Anthracen. Die badische Anilin- und Sodafabrik stellte daraus ein Quantum Alizarin dar, daß sich auf der diesjährigen Moskauer Ausstellung befindet. Das Naphthalin war bereits vollkommen

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1878 Bd. 11 S. 723.

2) Dingler's pol. Journ. 1878 Bd. 229 S. 353.

3) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1878 Bd. 11 S. 802 u. 1431.

4) Ebendas. 1878 Bd. 11 S. 1222.

rein. Das Benzol, obwohl bei  $80-85^{\circ}$  siedend, erhielt noch fremde Kohlenwasserstoffe, und erst nach Beseitigung der in einer Kältemischung von  $-14^{\circ}$  nicht erstarrenden beigemengten Oele ließ es sich mit Vortheil zur Herstellung von Nitrobenzol verwenden.

Der Antrieb zur Verarbeitung der Petroleumrückstände liegt in Baku in dem Mangel an geeignetem Feuerungsmaterial und dem belästigenden Ueberfluß an Naphtarückständen. Daher werden letztere allgemein direkt zum Heizen der Retorten benutzt. In neuester Zeit hat man sich nun entschlossen, die Rückstände zuerst zu vergasen, indem man sie in glühende, eiserne, mit Bimsteinstücken gefüllte Retorten eintropfen läßt, um das so erhaltene Gas zu Heiz- und Beleuchtungszwecken zu verwenden. Daneben gewinnt man einen dem Steinkohlentheer ähnlichen Theer. 1000 Kilogr. Naphtarückstände liefern etwa 550 Kubm. Gas und 300 Kilogr. Theer, welcher 4 bis 5 Proz. reines Benzol und Toluol und 0,6 Proz. Kohanthracen (etwa 30 prozentiges) enthält.

Die Verarbeitung der Residuen auf Gas und Theer fand in der Nobel'schen Fabrik zuerst im laufenden Jahre versuchsweise statt, doch rechnet man im Jahre 1883 bereits auf eine Ausbeute 42000 Kilogr. Kohanthracen (30 prozentiges) und 500,000 Kilogr. (80 prozentiges) Benzol.

Ein zur Vergasung der Residuen dienender Ofen enthält nach Angaben von Dr. Krämer zwei 5—6 zöllige Röhren von 2—2,5 Met. Länge und kann ein solcher, da das Del nur langsam eintropfen darf, in 24 Stunden nur etwa 100 Kilogr. Rückstände verarbeiten. Eine starke Produktion setzt also bedeutende Anlagen voraus. Mit der Zeit werden diese wohl entstehen und sich zu einer neuen wichtigen Bezugsquelle für Benzol und Anthracen gestalten.

### Fettsäuren und Fettkörper.

Die normalen Fettsäuren. — Eine ziemlich Anzahl der theils noch völlig unbekannt, theils wenig bekannten Glieder der Reihe der normalen Fettsäuren ist von F. Krafft<sup>1)</sup>

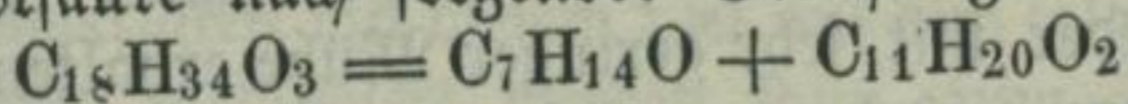
1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd. 10 S. 2034. Bd. 11 S. 1412, 1414 u. 2218. Bd. 12 S. 1664 u. 1668. Bd. 13 S. 1413. Bd. 15 S. 1687 u. S. 1771.

im Zustande völliger Reinheit dargestellt worden, und sah sich derselbe dadurch veranlaßt, eine Untersuchung der Ameisen-säurereihe unter mehrfachen, vorwiegend physikalischen Gesichtspunkten in Angriff zu nehmen. Wir heben aus diesen sehr umfangreichen Untersuchungen die folgenden wesentlichsten Momente hervor.

Die erste Anregung zur eingehenden Behandlung des bezeichneten Themas fand Kraft in seinen Beobachtungen über das Verhalten des Ricinusöls bei der Destillation im luftverdünnten Raume (a. a. O. Bd. 10 S. 2034).

Der Einfluß der bald spaltenden bald kondensierenden Temperatur in Verbindung mit dem oxydierenden Einfluß der Luft, welcher sich oft bei der trockenen Destillation, namentlich der stark erhitzten Fettkörper in störendster Weise geltend macht, wurde von Kraft dadurch beseitigt, daß er die Destillation unter geringem Druck vornahm. Hierdurch wurden die komplizierenden Einflüsse in sehr erheblichem Grade vermindert.

Destilliert man Ricinusöl unter sehr schwachem Druck, so erhält man ein farbloses, öliges Destillat, daneben ein wenig einer wässrigen Flüssigkeit, während der Rückstand in der Retorte zu einer schwammigen, verseifbaren Masse erstarrt. Das übergangene Del besteht etwa zur Hälfte aus Denanthol  $C_7H_{14}O$ , welches durch zwei- oder dreimalige Rektifikation im luftverdünnten Raume ganz rein erhalten wird: für diesen Körper weitaus die beste Gewinnungsmethode. — Das Thermometer steigt nach Beseitigung des Denanthols bei weiterer fortgesetzter Destillation fast plötzlich um mehr als  $100^\circ$  und bleibt dann wieder stationär. Der jetzt übergehende, in der abgekühlten Vorlage alsbald krystallinisch erstarrende Körper erwies sich bei der Analyse als ein Glied der Delsäurereihe von der Formel  $C_{11}H_{20}O_2 =$  Undecylensäure. Die neue Säure und das Denanthol ergeben sich als glatte Spaltungsprodukte der Ricinusölsäure nach folgender Gleichung:



Da sich die Undecylensäure, mit deren genaueren Untersuchung sich F. Becker<sup>1)</sup> befaßte, als wichtiger Ausgangspunkt für die Darstellung anderweiter Produkte, als der normalen Nonyl-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd. 11 S. 1412.

säure und des Nonans (siehe oben S. 397), erwies, sei bemerkt, daß ihr Schmelzpunkt bei  $24,5^{\circ}$  liegt und daß sie unter gewöhnlichen Druck bei  $295^{\circ}$ , jedoch nicht ohne eine theilweise Veränderung zu erleiden, siedet. Im luftverdünnten Raume läßt sie sich hingegen bei ca.  $200^{\circ}$  unverändert destillieren. Bei der Behandlung mit Brom liefert sie ein Additionsprodukt  $C_{11}H_{20}Br_2O_2$ , das seinerseits mit alkoholischem Kali eine neue Säure aus der Stearolsäurereihe, die Undecolsäure  $C_{11}H_{18}O_2$  giebt. Beim Schmelzen mit Kalihydrat zerfällt sich die Undecylensäure in normale Nonylsäure und Essigsäure; beim Behandeln mit rauchender Salpetersäure liefert sie Sebacinsäure  $C_{10}H_{18}O_4$ .

Wird die Undecylensäure mit Jodwasserstoffsäure (Siedep.  $127^{\circ}$ ) und rothem Phosphor in bekannter Weise auf  $200$ — $220^{\circ}$  erhitzt, so geht sie unter Wasserstoffaufnahme in die ihr entsprechende gesättigte Fettsäure, die Undecylsäure  $= C_{11}H_{22}O_2$  über. Das Reaktionsprodukt wird zur Entfernung anhaftenden Jods mit schwefliger Säure und hierauf in alkalischer Lösung mit Natriumamalgam behandelt (a. a. O. Bd. 11 S. 2218). Durch die Darstellung der Undecylsäure wurde die erste der bisher unter den Gliedern der Ameisensäurereihe bestehenden Lücke ausgefüllt. Nach vollkommener Reinigung destillierte sie unter einem Drucke von 160 Millim. bei  $228^{\circ}$  unverändert. Ihr Schmelzpunkt liegt bei  $28,5^{\circ}$ . Sie bildet eine farblose, unmittelbar nach dem Erstarren durchsichtige, sich aber bald aufblätternde schuppige Masse, löst sich nicht in Wasser, dagegen leicht in Alkohol und auch in Aether auf. Sie besitzt noch nicht die indifferenten Eigenschaften der Palmitin- und Stearinsäure, ätzt vielmehr ziemlich stark und besitzt einen eigenthümlichen, in der Kälte schwachen, an Capronsäure in nicht unangenehmer Weise erinnernden Geruch.

Hiernach konnten nach den Krafft'schen Untersuchungen von den höheren Fettsäuren drei bisher schwer oder nicht zugängliche Glieder mit sehr geringer Mühe erhalten werden. — Die Heptylsäure aus dem nach der oben (S. 411) angegebenen Methode in jeder Quantität zugänglichen Denanthol, während die Undecylensäure beim Schmelzen mit Kalihydrat Nonylsäure und beim Erhitzen mit Jodwasserstoffsäure Undecylsäure liefert.



Einen beachtenswerthen Anhaltspunkt zur Behandlung hochmolekularer Fettkörper liefern die von verschiedenen Chemikern über das Kautenöl gesammelten Erfahrungen, wonach dieses sich durch die trockene Destillation eines Gemenges von Bariumacetat und Bariumcaprinat gewinnen und im entgegengesetzten Sinne vermittelst Drydation in Essigsäure und Nonylsäure zerlegen läßt. Demgemäß wurde von Krafft in erster Linie die Synthese der Homologen des Kautenöls ins Auge gefaßt, theils zum Zweck der späteren Untersuchung für sich und Vergleichung mit den schon bekannten, gleich zusammengesetzten Ketonen, die auch bei den untern Gliedern der Reihe schon in Angriff genommen worden ist, besonders aber, um dieselben als Ausgangsmaterial zur Darstellung noch fehlender Glieder der Ameisensäurereihe zu verwerthen. Die Anwendbarkeit obiger Reaktionen auch für deren höhere Glieder, sowie die Details der Ausführung, ergeben sich wohl zur Genüge aus der nachstehend beschriebenen Darstellung der Laurinsäure und ihrer Ueberführung in die Undecylsäure.

In Liebig's Laboratorium entdeckte Marsson 1842 die Laurinsäure  $C_{21}H_{42}O_2$ . Aus dem weingeistigen Auszuge zerpulverter Lorbeerblätter wurde zuerst das „Laurostearin“ isoliert und durch dessen Verseifung die neue Säure gewonnen. Dieser Weg ist, wenn es sich um Darstellung irgend beträchtlicher Mengen Laurinsäure handelt, mit äußerst zeitraubenden und verlustbringenden Operationen verknüpft, und das gleiche gilt bei den später aufgefundenen Vorkommnissen dieses Körpers. Die Laurinsäure blieb deshalb unzugänglich und schloß bisher die Gruppe der Fettkörper als zusammenhängendes Ganzes schon bei der Caprinsäure ab.

Das nächstliegende Rohmaterial zur Gewinnung der Laurinsäure, das im Handel befindliche Lorbeeröl (*Ol. laurin. unguinos.*) hat man zu diesem Zweck noch nicht nutzbar gemacht.

Nach Krafft (*a. a. D.* Bd. 12 S. 1664) gelangt man ohne die leiseste Schwierigkeit mit diesem Del auf dem folgenden Wege, der noch beliebig modificiert werden kann, zum Ziele.

Das Lorbeeröl wird durch mehrstündiges Sieden mit starker Kalilauge verseift, gleichzeitig werden seine flüchtigeren Bestandtheile mit den Wasserdämpfen entfernt und schließlich wird der klare Seifenleim in der Wärme durch überschüssige Salzsäure zer-

setzt. Das nunmehr aufschwimmende, geschmolzene Produkt wird nach dem Umschmelzen mit Wasser und Abheben durch gelindes Erwärmen getrocknet, und aus geräumigen, aber, um das Uebergehen zu erleichtern, recht flach gewählten Retorten unter stark vermindertem Luftdruck ein Fünftel bis ein Viertel der Gesamtmenge abdestilliert, so lange das Uebergehende noch rasch und leicht erstarrt. Hierbei bleiben die Antheile des verseiften Lorbeeröls, welche nicht aus Laurinsäure bestehen, größtentheils zurück, und diese befindet sich fast ganz im Destillate. Langsames, bei der Wiederholung beschleunigteres Rektificieren dieses letzteren, wobei schließlich mit dem Thermometer immer nur das zuerst übergehende aufgefangen wird, führen alsbald zu reiner Laurinsäure.

Das Kilo Lorbeeröl lieferte zwar nicht viel über 100 Gr. reine Säure; die Einfachheit sämtlicher Operationen gestattet indessen die bequeme und rasche Darstellung beliebiger Mengen. Dieselbe schmilzt bei ca.  $43,5^{\circ}$  und siedet ganz konstant unter einem Druck von ca. 100 Millim. bei  $225,5^{\circ}$ . Bekanntlich ist die trockene Destillation von organischen Baryt- oder Kalksalzen eine manchmal unumgängliche, allein wegen der geringen Ausbeuten und zahlreichen Nebenprodukte nur wenig beliebte Operation. Dieselbe ändert sich jedoch aus den eingangs angedeuteten Gründen sofort, wenn man sie im luftleeren Raume vornimmt, vorausgesetzt, daß die geringere Flüchtigkeit der gewollten Produkte dies ohne Verlust gestattet (bei einem eventuellen Siedepunkte von mindestens  $120^{\circ}$  unter gewöhnlichen Druck).

Um die Laurinsäure in ein kohlenstoffreicheres Keton  $C_{13}H_{26}O$  überzuführen, wird ein inniges Gemenge von Bariumlaurinat und Bariumacetat aus geräumigen Retorten, die man durch enganschließende Sandbäder und eine halbcentimeterstarke Sandschicht schützt, im luftverdünnten Raume der trockenen Destillation unterworfen. Den hierzu verwandten laurinsauren Baryt und überhaupt die Barytsalze der höheren Fettsäuren erhält man durch Auflösen der Salze in erwärmtem, ammoniakalischen Weingeist (für die schwerer löslichen Alkohol) und Zusatz einer heißen, wässrigen Chlorbariumlösung, schließliches Ausfällen und Auswaschen mit Wasser. Ein Ueberschuß von Bariumacetat (5 bis 6 Theile) über das Bariumlaurinat (4 Theile) verhindert die Bildung von Laurinon fast ganz, darf aber nicht zu groß ge-

nommen werden, da das dann allzu reichlich entstehende Dimethylketon bei seinem Entweichen starkes Aufblähen und Uebersteigen des Retorteninhalts zur Folge haben würde. Das neue Keton  $C_{13}H_{26}O$  wird durch Rectifikation im luftverdünnten Raume und Auspressen, oder auch eine Krystallisation aus schwachem Weingeist bei tieferer Temperatur gereinigt. — Es beträgt schließlich etwa die Hälfte vom Gewicht der dazu verwandten Laurinsäure, schmilzt bei  $28^{\circ}$ , siedet unter einem Druck von ca. 110 Millim. bei  $195,5$  und unter normalem Luftdruck bei  $263^{\circ}$  (unforrigiert.)

Die Oxydation des Ketons  $C_{13}H_{26}O$  wird leicht, aber, um einen zu weit gehenden Verlauf ganz auszuschließen, zweckmäßig nur theilweise ausgeführt, wenn man dasselbe mit dem nahezu dreifachen Gewichte Kaliumbichromat und dem neunfachen einer verdünnten Schwefelsäure, welche aus etwa gleichen Gewichtstheilen Säurehydrat und Wasser besteht, zusammenbringt. Man leitet die Reaction durch sehr gelindes Erwärmen ein, muß dieses jedoch bei der alsbald beginnenden Einwirkung wiederholt einstellen, nöthigenfalls auch durch mäßige Abkühlung unterbrechen, da sonst ein zu heftiger, ja selbst stürmischer Verlauf unter Bildung harziger Produkte eintreten kann. Schließlich erhitzt man 20—30 Stunden zum Sieden, bis das gänzliche Nachlassen der Einwirkung durch ein fast farblos aufschwimmendes, sich scharf abgrenzendes Del angezeigt wird. So gut wie reine Essigsäure befindet sich in der unteren Chromlösung und ist darin leicht qualitativ und quantitativ nachzuweisen. Das Del, welches durch Abheben von der wässrigen Schicht getrennt, mit salzsäurehaltigem Wasser gewaschen und getrocknet worden ist, geht, ohne einen ins Gewicht fallenden Rückstand zu lassen, unter ca. 100 Millim. von ca.  $195—216^{\circ}$  über und giebt sich schon hierdurch als ein Gemenge von beiläufig etwa einem Viertel intacten Ketons und drei Vierteltheilen neugebildeter Undecylsäure zu erkennen. Beide Körper lassen sich quantitativ trennen, indem man das Gemenge auf Barytsalz verarbeitet, genau als hätte man wie oben mit reiner Fettsäure zu thun, durch Auspressen und Erwärmen auf dem Wasserbade trocknet und dann mit Aether auszieht. In diesem löst sich das unzersezt gebliebene Keton und kann nach dem Abdunsten des Aethers ohne jeden Verlust und in gleich verwendungsfähigem

Zustande wiedergewonnen werden. Das zurückgebliebene Barytsalz liefert nach dem Zerlegen mit erwärmter, verdünnter Salzsäure und Auspressen des beim Erkalten alsbald entstandenen Krystallkuchens eine fast sogleich reine, schuppig erstarrende Undecylsäure.

Der Vergleich der auf den zwei verschiedenen Wegen, einmal durch Reduktion eines wasserstoffärmeren, sodann durch Aboxydation eines kohlenstoffreicheren Körpers dargestellten Undecylsäuren ließ an ihrer Identität nicht den geringsten Zweifel.

Im Folgenden soll die Anwendung der soeben erörterten Methode auf die Darstellung der schon so oft gesuchten Glieder der Ameisensäurereihe mit 13 und mit 15 Kohlenstoffatomen, deren völliges Fehlen in der Ameisenstearinsäurereihe sich nach Erlangung der Undecylsäure um so empfindlicher für alle vergleichenden Untersuchungen würde fühlbar gemacht haben, kurz beschrieben werden.

Wie die Laurinsäure ist auch die Myristinsäure unter Liebig's Auspicien und zwar von Playfair 1841 in der Muskatbutter aufgefunden worden. Man kann sie aus diesem Material, das sie in reichlicher Menge enthält, aber gleichwohl ihrer Reindarstellung bisher nicht günstig zu sein schien, bei Benutzung ihrer leichten Flüchtigkeit unter vermindertem Druck unter nur geringer anderweitiger Nachhülfe kiloweise gewinnen (a. a. D. Bd. 12 S. 1668). Nach der rasch beendigten Verseifung und Zerlegung der Seife durch Salzsäure liefert die Muskatbutter nämlich schon durch bloßes Rectificieren und scharfes Auspressen des Destillates bei zuletzt erhöhter Temperatur eine annähernd reine Myristinsäure, welche bei ca.  $53,5^{\circ}$  schmilzt, und innerhalb eines Grades unter einem Druck von 100 Millim. gegen  $248^{\circ}$  siedet. Die trockene Destillation des Barytsalzes dieser Säure mit reichlich dem gleichen Gewichte Bariumacetat ergiebt auch hier, besonders leicht, wenn sie im luftverdünnten Raume ausgeführt wird, das entsprechende Keton. Man erhält dasselbe durch Rectificieren, scharfes Auspressen und Umkrystallisieren aus schwachem Weingeist, worin es sich wie seine höheren Homologen bei gewöhnlicher Temperatur nur schwer löst, in reinem Zustande und in einer Ausbeute von 40—45 Proz. vom Gewichte der verwandten Myristinsäure. Die Analyse bestätigte die erwartete Formel  $C_{15}H_{30}O$ .

Es schmilzt bei  $39^{\circ}$ ; siedet unter einem Druck von 110 Millim. bei  $223,5^{\circ}$  und unter normalem Druck bei  $294^{\circ}$ . Die Oxydation mit Kaliumbichromat und Schwefelsäure wird ganz in der oben geschilderten Weise ausgeführt, ebenso die Isolierung und Reinigung der schließlich vorhandenen Produkte. Man nimmt dabei für das Abmessen der Reagentien auf das wachsende Molekulargewicht Rücksicht, mit welchem bekanntlich in einer homologen Stufenleiter die sich sprungweise steigernde Indifferenz der einzelnen Glieder, sowohl den Reagentien, als Lösungsmitteln gegenüber verbunden ist. Die neben Essigsäure gebildete „Tridecylsäure“  $C_{13}H_{26}O_2$  wird rasch gereinigt, wenn man zuerst die aufschwimmende, bald erstarrte rohe Fettsäure zur Beseitigung einer sehr geringen, harzigen und chromhaltigen Beimengung destilliert. Dabei fängt man unter einem Druck von ca. 100 Millim. das bei  $220 - 240^{\circ}$  Uebergehende auf und führt dieses in's Barytsalz über, welches man nach dem Extrahieren des unversehrten gebliebenen Retonanthteils mit Aether, durch erwärmte, verdünnte Salzsäure zerlegt.

Die in Freiheit gesetzte Säure schmilzt schon nach ein- oder zweimaligem Umkrystallisieren aus schwachem Weingeist gegen  $40,5^{\circ}$ , erstarrt unmittelbar unter dieser Temperatur schuppig krystallinisch und ist dann reine Tridecylsäure, welche unter ca. 100 Millim. Druck konstant bei  $236^{\circ}$  siedet. Die demnach in sehr einfacher Weise selbst in größeren Quantitäten erhältliche Tridecylsäure tritt an Stelle der „Cocinsäure“, welche seiner Zeit irrthümlich von mehreren Chemikern für das dreizehnte Glied der Ameisensäurereihe gehalten, später aber wieder aus der Reihe der chemischen Individuen gestrichen worden ist.

Für die Palmitinsäure und Stearinsäure liegen bereits vereinzelte Angaben vor, denen zu Folge diese Körper im Vacuum sich unzerseht destillieren lassen. Ob diese Annahme ohne jede Einschränkung gültig ist, soll noch durch den Versuch entschieden werden; jedenfalls ist die Flüchtigkeit dieser Körper unter den obigen Versuchsbedingungen so groß, daß sie sich bei der Reinigung und Verarbeitung derselben mit Nutzen verwerthen läßt. Daneben ist das neue Element der Sicherheit, welches durch die Bestimmung des Siedepunktes in die Arbeiten auf diesem Gebiete eingeführt wird, besonders im Hinblick auf manche unsichere oder noch unaufgeklärte An-

gaben gewiß sehr zu schätzen. Minimale Störungen durch die Wärme, besonders bei einer Ueberhitzung der Gefäßwände oder Verarbeitung zu großer Quantitäten, dürften immer nachträglich leicht wieder ausgeglichen werden können, und den erzielten Vortheilen gegenüber hier noch nicht in Betracht kommen. Ueberhaupt ist für die erfolgreiche Untersuchung einer homologen Reihe, mit so nahe stehenden Eigenschaften und doch so wechselnder Empfindlichkeit der einzelnen Glieder, die Kombination mehrerer sich unter einander ergänzenden Hilfsmittel immer ein Hauptfordernis. Am vortheilhaftesten vielleicht aus Palmöl gewonnene Palmitinsäure, die bei  $62^{\circ}$  schmilzt und unter einem Druck von ca. 100 Millim. bei  $268,5^{\circ}$  siedet, bildet für die Darstellung der bis jetzt ebenfalls noch nicht bekannten „Pentadecylsäure“ das Ausgangsmaterial. Die Ausbeute an Keton, gewonnen durch trockene Destillation von gleichen Gewichtsmengen essigsäuren Salzes und Bariumpalmitats und die sehr leicht ausführbare Reinigung des Rohproduktes, sinkt auch hier nicht unter den oben genannten Betrag von 40 — 50 Proz. vom Gewichte des Ausgangsmaterials. Der Schmelzpunkt dieses Körpers  $C_{17}H_{34}O$  liegt bei  $48^{\circ}$ , sein Siedepunkt unter einem Druck von ca. 110 Millim. bei  $246^{\circ}$ , während bei der Destillation unter normalem Druck das Quecksilberthermometer  $319—320^{\circ}$  zeigte (unf. s. o.). Die Oxydation dieses Ketons mit Kaliumbichromat und Schwefelsäure und ebenso die unschwer gelingende, völlige Reinigung der Pentadecylsäure geschehen wie oben. Die Pentadecylsäure  $C_{15}H_{30}O_2$  schmilzt bei  $51^{\circ}$  und siedet unter einem Druck von ca. 100 Millim. bei  $257^{\circ}$ . In der Art des Erstarrens zu perlmutterglänzenden Schuppen und den sonst in's Auge fallenden Eigenschaften weicht die Pentadecylsäure von den Fettsäuren nicht ab.

Vor ungefähr 25 Jahren hat Heintz Arbeiten über die Bestandtheile natürlicher Fette ausgeführt <sup>1)</sup>, welche mit den Untersuchungen Chevreul's sowie Liebig's und seiner Schüler die Grundlage unserer bisherigen Kenntnisse auf diesem Gebiete bilden. Aus seinen Versuchen folgerte der Erstere insbesondere, daß aus der Reihe der Fettsäuren in der Natur vorzugsweise die Glieder mit paarer Kohlenstoffatomzahl ( $C=12$ )

1) Zusammengestellt i. Journ. f. pr. Chemie Bd. 66 S. 1 (1855).

austreten, und um dieses in einer Richtung negative Resultat zu ergänzen, hat derselbe bekanntlich die Synthese der Margarinsäure verwirklicht<sup>1)</sup>, indem er vom Cethylalkohol ausging, diesen in ein kohlenstoffreicheres Cyanür überführte, durch dessen Verseifung Margarinsäure gebildet wurde.

Die oben mitgetheilten Synthesen legten die Benutzung des bei denselben befolgten Weges auch zur Erlangung der Margarinsäure nahe, da das früher eingeschlagene Verfahren seinen schließlichen Erfolg weniger der angewandten Methode, als der Ausdauer des Experimentators zu verdanken scheint. Die Benutzung eines reinen Ausgangsmaterials und die leichte Reindarstellung des wesentlichsten Zwischenproduktes sind die günstigeren Bedingungen, welche von der Stearinsäure zur Margarinsäure in einfachster und sicherster Weise führen. Stearinsäure, welche unter einem Druck von ca. 100 Millim. bei  $287^{\circ}$  siedet, wird in das Barytsalz übergeführt, und nach der innigen Vermengung desselben mit dem nahezu gleichen Gewichte Bariumacetat ganz wie oben das entsprechende Keton dargestellt. Sein Schmelzpunkt liegt etwas über  $55,5^{\circ}$ , sein Siedepunkt unter ca. 110 Millim. bei  $266,5^{\circ}$ . Die Analyse zeigte die Reinheit des Körpers  $C_{19}H_{38}O$ . Aus diesem Keton wird neben reiner Essigsäure die Margarinsäure  $C_{17}H_{34}O_2$  vermittelst Oxidation mit Kaliumbichromat und wenig verdünnter Schwefelsäure mit der gleichen Leichtigkeit gewonnen, wie ihre niederen Homologen. Die schuppige Struktur geschmolzener und wiedererstarrter Fettsäuren, das leichte Ausblättern der glas- bis perlmutterglänzenden Masse, sind selbst für ein wenig geübtes Auge werthvolle Merkmale der Reinheit, und diese fehlten auch hier nicht. Der Schmelzpunkt lag bei mehreren Präparaten bei  $59,8^{\circ}$  (unkorr.) und stimmt also mit der Angabe von Heinz ( $59,9^{\circ}$  uncorr.) so genau als möglich überein. Berücksichtigt man diese Uebereinstimmung, ferner die zu beiden Synthesen verwandten Materialien, und besonders die bisherige Isomerielosigkeit der höheren Fettsäuren, sowie die Identität der auf so verschiedene Weisen erhaltenen Undecylsäuren, so ist auch diejenige der beiden Margarinsäuren wohl nicht zweifelhaft.

1) Poggendorff's Ann. d. Phys. u. Chemie Bd. 102 S. 257 ff. (1857).

Die Margarinsäure siedete unter einem Druck von ca. 100 Millim. bei 277°.

Die Reihe der Fettsäuren ist in Folge der hier mitgetheilten Synthesen und Darstellungsmethoden bis zur Stearinsäure hinauf vollständig und auch auf allen ihren Punkten mit großer Leichtigkeit zugänglich. Diese mehr präparativen Resultate fordern auf der einen Seite weitere praktische Ausbeutung bei der Untersuchung vegetabilischer und animalischer Substanzen, andererseits ist es durch sie ermöglicht, eine homologe Reihe mit ihren Derivaten in theoretischer Richtung einläßlicher zu untersuchen.

Wir wollen nicht unerwähnt lassen, daß Krafft (a. a. D. Bd. 15 S. 1706) auf experimentellem Wege den Beweis geliefert hat, daß die oben beschriebene Methode, die Stearinsäure in Margarinsäure überzuführen, ganz allgemein dienen kann, um von einer Fettsäure zu der um ein Kohlenstoffatom ärmeren Fettsäure zu gelangen. In der That hat Krafft auf dem bezeichneten Wege aus der Margarinsäure die Palmitinsäure, aus dieser die Pentadecylsäure, aus dieser die Tetradecylsäure dargestellt und ist so fortschreitend bis hinab zur Nonylsäure gelangt. Er hat ferner die völlige Identität der auf diesem Wege gewonnenen Fettsäuren mit den nach früher beschriebenen Methoden dargestellten Säuren festgestellt und insbesondere auch nachgewiesen, daß die so dargestellte Nonylsäure identisch ist mit der von Franchimont und Zincke dargestellten „normalen Nonylsäure“. Die Entstehungsweise der hier untersuchten Fettsäuren läßt daher kaum einen Zweifel darüber zu, daß in denselben die Reihe der normalen Fettsäuren vorliegt.

**Glycerin.** — Um Glycerin aus den Unterlaugen der Seifenfabrikation zu gewinnen empfiehlt H. Fleming<sup>1)</sup> in Kalk bei Köln (vergl. D. R. P. Nr. 13953 vom 9. Decemb. 1880) die Unterlauge der Dialyse zu unterwerfen. Derselbe macht darauf aufmerksam, daß allein aus 4 Fabriken der Stadt Neuwied jährlich etwa 1500 Tonnen Unterlauge abfließen, welche etwa 75 Tonnen Glycerin im Werthe von 150000 M. enthalten.<sup>2)</sup>

1) Dingler's pol. Journ. 1882 Bd. 243 S. 330 nach Seifenfabrikant 1881 S. 110, 293, 362.

2) Gegenwärtig wird das Eindampfen der Seifensiederunterlauge



Der Glycerin Gehalt der Unterlauge schwankt nach vorliegenden Analysen zwischen 0,92 und 7,8 Proz. Um dieses Glycerin durch Destillation gewinnen zu können, ist es nöthig, das Kochsalz zu entfernen, und dieses geschieht am besten durch Osmosierung der Laugen.

Die Laugen werden zunächst mittelst Dampfheizung in passenden Pfannen abgedampft, bis die Lauge mindestens 20 Proz. Glycerin enthält.

Wenn eine Lauge viel Soda enthält, so läßt sie sich weit stärker eindampfen als eine mit viel Kochsalz, weil die erstere in heißem Wasser löslicher ist als das letztere, weshalb auch beim Abkühlen der eingedampften Lauge durch Krystallisation fast nur Soda und wenig Kochsalz ausgeschieden werden. Durch die beim Eindampfen erzielte größere Konzentration wird gleichzeitig ein an Glycerin sehr reiches Produkt gewonnen. Die konzentrierte Lauge wird nun mit Schwefelsäure neutralisiert.

Man kann zwar auch eine stark sodahaltige Lauge osmosieren, denn das kohlen saure Natrium diffundiert sehr rasch; aber bei der jetzigen Einrichtung der Osmoseapparate erscheint dieses Verfahren nicht empfehlenswerth, da in dem Osmosewasser durch das aufgenommene kohlen saure Natrium Niederschläge von kohlen saurem Kalk entstehen, welche sich in den Kammern des Apparates ablagern, so daß die Thätigkeit desselben beeinträchtigt wird.

Die geringen Mengen von schwefelsaurem Natrium, welche die Lauge in Lösung behält, lassen sich durch Eindampfen fast vollständig ausscheiden und der dann noch verbleibende Rest bildet bei der Destillation kein Hindernis. Beim Ausfällen des schwefelsauren Natrons und dem nachfolgenden Eindampfen wird mechanisch etwas Glycerin mit fortgerissen und man erhält deshalb nicht die theoretische Ausbeute aus einer konzentrierten Lauge von bekanntem Glycerin Gehalt. Indes haben zahlreiche Analysen den Beweis geliefert, daß der Glycerin Gehalt einer richtig zubereiteten Lauge nie unter 40 Proz. bleibt. Wenn man den Gestehungspreis von 100 Kilogr. zuge richteter Lauge rund zu 12 M. bei einem Minimalgehalt von

in verschiedenen Städten als besonderes Gewerbe betrieben. Die konzentrierten Laugen werden zur weiteren Verarbeitung auf Glycerin an chemische Fabriken abgegeben.

40 Proz. Glycerin annimmt, so kostet in diesem Zustande 1 Kilogr. Glycerin 30 Pf.

Wenn die neutralisierte Lauge wieder auf eine Konzentration von 1,28 bis 1,29 eingedampft ist, so liefert sie beim Erkalten noch einen Krystallanschuss von schwefelsaurem Natron und Kochsalz und ist sodann zur Osmosierung fertig. Es gelingt, durch die Osmose den Aschengehalt der Unterlauge so weit herunter zu drücken, daß dieselbe, wenn sie den Osmoseapparat verlassen hat und wieder möglichst stark eingedampft worden ist, für sich allein oder mit Rohglycerin aus Stearinsäurefabriken destilliert werden kann. Der Verlust bei der Destillation ist ein geringer und das erzielte Produkt von einer Reinheit, welche den Anforderungen der Dynamitfabriken genügt. Es enthält, wenn auf 1,26 sp. G. eingedampft, also wasserfrei, nie wägbare Mengen von Kochsalz und giebt bei der Nitrierung eine durchaus befriedigende Ausbeute an Nitroglycerin. Ein großer Vorzug, welchen bei der Osmose die zugerichteten Unterlaugen vor der Melasse haben, ist der, daß sie das Pergamentpapier nicht angreifen. Während bei der Melassenosmose das Pergamentpapier im günstigsten Falle 12 Tage lang zu gebrauchen ist, war bei der Laugenosmose dasselbe nach 6 monatlichem Betriebe noch durchaus wohl erhalten. Der Hauptgrund dafür liegt darin, daß in der Unterlauge Kaltsalze gänzlich fehlen, weshalb auch das daraus durch Destillation gewonnene Glycerin stets frei von Kalk ist — eine Eigenschaft, welche man bei dem Glycerin aus Stearinsäurefabriken oft nur durch zweimalige Destillation zu erzielen vermag.

Die Kosten der Osmose nimmt man in den Zuckersabriken zu 1,60 M. für das Osmosieren von 100 Kilogr. Melasse an, hiervon beträgt der Verbrauch an Pergamentpapier  $\frac{1}{6}$ .

In Rücksicht auf den eben erwähnten geringen Papierverbrauch erscheint es jedenfalls nicht zu niedrig gegriffen, wenn man die Kosten der Osmosierung von 100 Kilogr. Lauge gleichfalls mit 1,60 M. veranschlagt. Es kommt hierzu, daß zur Laugenosmose weniger Wasser erforderlich ist als zur Melassenosmose. Man hat etwa 300 Kilogr. Wasser zu verdampfen, um 100 Kilogr. osmosierte Unterlauge zu erhalten. Die Lauge zeigt nach der Osmose und dem Eindampfen einen Glycerin-

gehalt von 60 bis 70 Proz., hat aber am Gewicht etwa 50 Proz. verloren.

100 Kilogr. osmosierte Lauge mit einem Minimalglycerin-gehalt von 60 Proz. kosten 30 M. oder 1 Kilogr. Glycerin 50 Pf.

In das Osmosewasser geht ziemlich viel Glycerin über, so daß es bei den heutigen Preisen sehr gut lohnt, dasselbe einzudampfen; bei einem Versuche gaben etwa 1400 Kilogr. Osmosewasser 23 Kilogr. Lauge, welche 16 Kilogr. reines Glycerin enthielten. Das Eindampfen der 1400 Kilogr. kostet 7 M., und daraus stellt sich 1 Kilogr. Glycerin auf etwa 44 Pf. In Folge dieser Ausnutzung des Osmosewassers entsteht durch den ganzen Prozeß kein irgend nennenswerther Glycerinverlust. Das so erhaltene Produkt steht zwar hinsichtlich seiner industriellen Verwendbarkeit wegen seines Salzgehaltes dem Rohglycerin der Stearinsäurefabriken nach, kostet aber auch gegenwärtig noch nicht den vierten Theil von dem was jenes kostet, da von einem geringen holländischen Destillationsrohglycerin von 25° B., dessen Analyse einen Glyceringehalt von 63 Proz. ergab heute 160 Kilogr. 140 M. kosten; es stellt sich also darin 1 Kilogr. Glycerin auf 2,22 M., während es aus Unterlauge in ziemlich gleicher Reinheit zu 50 Pf. dargestellt werden kann. Der Vorschlag, nur Fettsäuren bei der Seifenfabrikation zu verarbeiten und zu diesem Zwecke vorher die Neutralfette in Autoklaven zu zersetzen, verspricht nach Flemming wenig Erfolg.

Formaldehyd, das erste Produkt der Pflanzen-Assimilation<sup>1)</sup>. — Bekanntlich hat Baeyer die Hypothese aufgestellt, daß die assimilierende Pflanze die aufgenommene Kohlensäure mit Wasser verbunden unter dem Einflusse des Lichtes in Formaldehyd und O nach der Gleichung  $\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$  umwandle. Diese Hypothese hat A. Mori einer Prüfung unterzogen, wobei er die Gegenwart des Aldehyds in assimilierenden Pflanzen nachzuweisen versuchte. Er bediente sich zunächst des von Löw und Bokorny eingeführten Reagens, sehr verdünnter Silbernitratlösungen, aus denen durch Aldehyd Silber gefällt wird. Es gelang ihm nun überall an niederen und höheren Pflanzen, welche mit Chlorophyll

1) Naturforscher 1882 S. 300 nach Nuovo Giornale botanico Vol. 14 S. 147.

versehen im Sonnenlichte Kohlensäure assimilirt hatten, unter den nothwendigen Vorsichtsmaßregeln die Gegenwart von Aldehyd nachzuweisen. Hatte er die chlorophyllhaltigen Pflanzen längere Zeit, 24 oder 48 Stunden, im Dunkeln gehalten, sodaß voraussichtlich das erste Assimilationsprodukt nicht mehr zugegen war, so war auch die Schwärzung durch Silbernitratlösung bedeutend geringer oder gar nicht zu beobachten. Auch mittels eines von Hugo Schiff angegebenen Reagens auf Aldehyd, mit dem schwefligsauren Rosanilin, konnte Mori dieselben Beobachtungen anstellen, welche das gleiche Resultat ergaben. Er hält infolgedessen die Hypothese Baeyer's über die ersten Produkte der Pflanzen-Assimilation für bestätigt.

### Die Krappfarbstoffe. <sup>1)</sup>

Die Möglichkeit mit Krapp in einer Operation bloß durch Aenderung der Weizen alle Nuancen von Schwarz bis Violet, und von Roth bis Rosa auf der Faser erzeugen zu können, die große Widerstandsfähigkeit gegen das Licht und beim Gebrauch und die Lebhaftigkeit der damit erzeugten Farben haben bewirkt, daß der Krapp zu den werthvollsten der in der Färberei und dem Zeugdruck verwendeten Farbstoffe gerechnet wird, und daß seine Verwendung gleichen Schritt gehalten hat mit dem rapiden Fortschreiten der neuern Industrie bis zu dem Augenblick, wo die Erfolge der Wissenschaft seinen weiteren Ausbau ein Halt geboten haben. An Stelle der Naturprodukte sind nun Kunstprodukte getreten, welche zum Theil identisch, zum Theil nur gleichwerthig mit den ersteren sind. Ihre Anwendung, welche mit derselben Leichtigkeit bei geringeren Kosten denselben Effekt zu erreichen gestattet, ist im Begriff eine ganz allgemeine zu werden. Der Weg, welcher von der Wissenschaft eingeschlagen worden ist, um zu diesem Resultat zu gelangen, bildet keine grade Linie, sondern entfernt sich sehr oft vom Ziel, weil man aus vielen Thatsachen, trotzdem sie

1) Die nachstehenden Mittheilungen über die Krappfarbstoffe sind durch E. v. Cochenhausen zusammengestellt und im Wesentlichen einem Berichte von Lauth und Rosenstiehl im Bulletin de la société d'encouragement de Paris 1882 t. 92 entnommen.

richtig beobachtet waren, nicht die richtigen Schlüsse gezogen hatte.

Während der Jahre 1823—1850 haben die chemischen Arbeiten nur konstatieren können, daß man dem Krapp mehrere Farbstoffe entziehen kann, unter denen man dem Alizarin und dem Purpurin die größte Wichtigkeit beilegte, und man nahm an, daß sie fertig gebildet in der Pflanze existierten. Erst 1850 ergab eine Untersuchung der frischen Krappwurzel das Resultat, daß sie eine gelbe durchsichtige Flüssigkeit enthält, welche durchaus keine färbenden Eigenschaften besitzt, sich jedoch an der Luft nach und nach färbt. Der rothfärbende Theil entsteht nur durch die chemische Umsetzung eines noch heute wenig bekannten Körpers, Ruberythinsäure oder Rubian genannt, welcher zur Klasse der Glucoside gehörend in Wasser löslich ist und sich leicht zersetzt.

Der Umstand, daß unter den Oxydationsprodukten des Alizarins die Phtalsäure nachgewiesen wurde, welche bereits früher aus dem Naphthalin dargestellt worden war, führte zu der irrigen Ansicht, daß das Alizarin ein Derivat dieses Kohlenwasserstoffes sei und veranlaßte vielfache vergebliche Versuche, es aus den Abkömmlingen des Naphthalins herzustellen.

Weil die den Farbstoff der bis dahin angewendeten Krapppräparate begleitenden fremden Stoffe theils einen ungünstigen Einfluß auf die Reinheit der Nuancen beim Färben ausüben, theils durch ihre große Menge dem Transport einen schwer in die Wagschale fallenden Ballast aufbürden (der wirkliche Färbewerth beträgt im Krapp etwa 1 Proz., in den Krappblumen 2 Proz., im Garancin 6—7 Proz. des Gewichts), hatte man, wie bei anderen vegetabilischen Farbstoffen die Darstellung eines Extractes<sup>1)</sup>, welcher blos die Farbstoffe des Krapps enthielt, versucht. Die Extraktion, welche bei anderen Pflanzentheilen mit verhältnismäßig sehr einfachen Mitteln gelang, bot in diesem Falle große Schwierigkeiten. Die färbenden Bestandtheile des Krapps sind in Wasser wenig löslich und nur schwer von den nichtfärbenden Bestandtheilen zu trennen, welche sich gleichzeitig lösen. Alle Methoden, bei denen man andere Lösungsmittel als Wasser anwandte, waren zu kostspielig, um in

1) Jahrbuch der Erfindungen 4. Bd. 1868. S. 402.

der Industrie dauernd Eingang finden zu können. Zu einem Resultat gelangte man erst, als man als Ausgangspunkt nicht den für die Färberei schon präparierten Krapp, in welchem die Farbstoffe bereits fertig gebildet sind, wählte, sondern die möglichst frische Krappwurzel, in welcher noch die die Farbstoffe erst gebenden, in Wasser leicht löslichen Stoffe enthalten sind. Man rief alsdann die Bildung der Farbstoffe erst in dem noch nicht gefärbten wässrigen Extrakt durch Hinzufügen einiger Procente Schwefelsäure und durch mäßiges Erwärmen hervor. Diese Art der Operation liefert der Industrie einen Extrakt, dessen Fabrikation sich noch bis heute erhalten hat. Das schon früher (dies. Jahrb. 4. Jahrg. S. 403) beschriebene Verfahren der Darstellung des Krappextraktes von Kopp beruht auf demselben Prinzip, und soll die Anwendung der schwefligen Säure die Zersetzung der in der frischen Krappwurzel noch enthaltenen in Wasser leicht löslichen Stoffe verhindern. Man lernte ferner aus diesem Extrakt zwei Farbstoffe darstellen, das Alizarin und das Purpurin, welche man, da jeder eine andere Farbe gab, den Konsumenten einzeln anbot.

Die weitere Untersuchung dieses Extraktes führte bald zu der sehr wichtigen Thatsache, daß der Purpurin genannte Körper zu  $\frac{9}{10}$  seiner Menge aus einem Körper entsteht, welcher bisher noch unbekannt war und welcher bis etwa  $200^{\circ}$  erhitzt dieses Purpurin liefert. Es ist das Pseudopurpurin. Gleichzeitig entdeckte man noch zwei andere Körper, das Purpurinhydrat und das Kanthopurpurin. Trotzdem, daß die für diese Verbindungen aufgestellten Formeln sich später als irrtümlich erwiesen, hatte man die zwischen den Farbstoffen des Krapps bestehenden Beziehungen richtig erkannt. Dieselben sind kurz folgende: Das Kanthopurpurin und das Alizarin haben dieselbe Zusammensetzung, sie sind isomer. Das Purpurin, welches ein Atom Sauerstoff mehr als diese beiden Körper enthält, kann durch reducierende Körper in Kanthopurpurin verwandelt werden. Diese Umwandlung konstatierte einen interessanten Zusammenhang, weil man, von dem Pseudopurpurin ausgehend, im Stande war, das Purpurin und das Kanthopurpurin darzustellen. Das Alizarin allein, welches damals für den wichtigsten Farbstoff dieser Gruppe galt, nahm an keiner dieser Umwandlungen Theil, trotz der Anstrengungen, welche

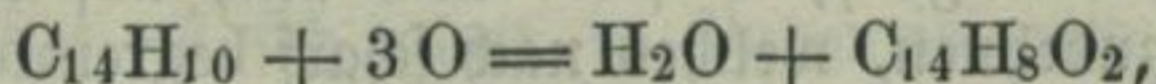
man gemacht hatte, um es aus dem Purpurin, welchem man einen nur geringen industriellen Werth beilegte, darzustellen.

Erst nachdem nachgewiesen worden war, daß das Alizarin beim Erhitzen mit Zinkstaub Anthracen liefert, und so- nach als ein Derivat nicht des Naphthalins sondern des Anthracens  $C_{14}H_{10}$  anzusprechen ist, ließ die Darstellung des Alizarins aus dem Anthracen nicht mehr lange auf sich warten. Die Formel  $C_{14}H_8O_4$ , welche jetzt als Ausdruck für die Zusammensetzung des Alizarins angenommen werden mußte, und welche das Alizarin als das Bioxychinon des Anthracens erscheinen ließ, war schon früher (1864) einmal vorgeschlagen worden. Die damals geltenden Ansichten verboten jedoch ihre Annahme.

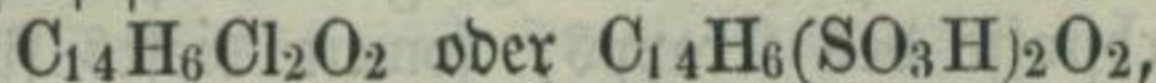
Die Schwierigkeit, welche die Entdecker zu überwinden hatten, bestand nicht in der Umwandlung des Anthracens in das Bioxychinon dieses Kohlenwasserstoffes, sondern sie bestand in der Beschaffung des Ausgangsmaterials, des Anthracens, welches damals noch sehr selten war, heute jedoch, Dank der Alizarinindustrie, ein leicht in großer Menge zu beschaffender Körper ist.

Die Ueberführung des Anthracens in Alizarin erfolgt in drei Prozessen.

1. Oxydation des Anthracens, Darstellung des Anthrachinons



2. Darstellung des Dichloranthrachinons oder der Anthrachinondisulfosäure



3. Ersetzen des Chlors oder der Gruppe  $(SO_3H)$  durch Hydroxyl.

Das Resultat dieses letzten Processes ist alsdann das Alizarin  $C_{14}H_6(OH)_2O_2$ . Wir werden später diese Angaben vervollständigen und verbessern. So wie wir sie eben gegeben haben, repräsentieren sie die im Jahre 1870 geltenden Ansichten; heute, wo die Prozesse genauer studiert sind, weiß man, daß dieselben nicht so einfach verlaufen.

Von dem Augenblick an, wo man das Alizarin durch Synthese erhalten hatte, sehen wir die Arbeiten der Chemiker in zwei verschiedenen aber gleichlaufenden Richtungen hin gehen.

Während die Einen sich mit der technischen Darstellung des Alizarins beschäftigten und im Detail die Nebenprozesse, welche bei dieser Fabrikation auftraten, studierten, suchten Andere die endgültige Zusammensetzung der verschiedenen Farbstoffe, welche man in dem Krapp entdeckt hatte, festzustellen. Die Nothwendigkeit, sich über diesen Punkt Klarheit zu verschaffen, war um so gebieterischer, als man sofort vom ersten Augenblick an erkannt hatte, daß das künstliche Alizarin beim Färben nicht dasselbe Resultat gab, als der Extrakt der Krappwurzel, sodaß vielfach sogar die Identität des natürlichen und des neuen künstlichen Farbstoffes in Abrede gestellt wurde. Um daher die verschiedenen Handelsprodukte des Krapps nachzuahmen, von denen die einen schöne violette Farben gaben, die anderen aber nur für rothe Farben anwendbar waren, brachte man auch gleich von Anfang an zwei Sorten künstliches Alizarin in den Handel, eins zur Erzeugung von rothen und eins zur Erzeugung von violetten Farben.

Diese Thatsache war umsomehr geeignet, Verlegenheit zu bereiten. Wenn man sich auch mit der Erklärung, daß die Verschiedenheiten in den Eigenschaften der Handelsprodukte einzig in dem Vorhandensein noch nicht bekannter anderer Stoffe gesucht werden müsse, soweit sie den Krapp, eine natürliche, sehr verwickelte Mischung betraf, begnügen konnte, so war es doch unmöglich, dieselbe nun auch auf das künstliche Alizarin auszudehnen, welches nach scharf begrenzten chemischen Principien dargestellt, für eine einzige chemische Verbindung angesehen werden mußte. Im Folgenden sind die Arbeiten über die Farbstoffe des Krapps, soweit dieses für die Klarheit nothwendig ist, getrennt von denen aufgeführt, welche das künstliche Alizarin zum Gegenstand haben.

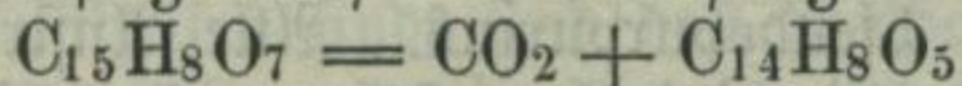
### Farbstoffe des Krapps.

Nachdem das Alizarin als ein Derivat des Anthracens und nicht des Naphthalins erkannt war, konnten die Formeln, durch welche bisher die Zusammensetzung der aus dem Krappextrakt dargestellten Körper ausgedrückt wurde, nicht länger für richtig angesehen werden. Man gelangte auf Grund eingehender Untersuchungen zu folgenden Formeln:



|                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| Pseudopurpurin . . . . . | $C_{14}H_8O_6$            |
| Purpurin . . . . .       | $C_{14}H_8O_5$            |
| Purpurinhydrat . . . . . | $C_{14}H_8O_5 \cdot H_2O$ |
| Xanthopurpurin . . . . . | $C_{14}H_8O_4$ .          |

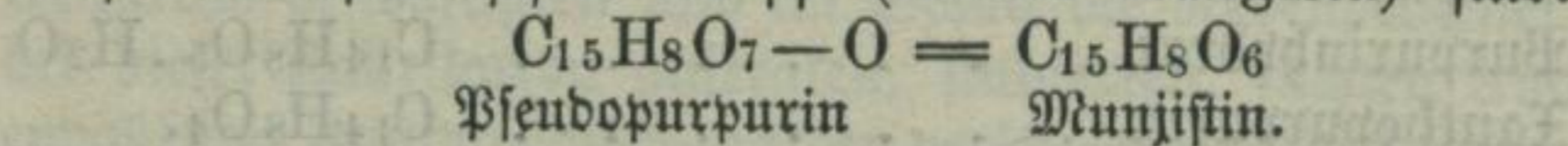
Das Pseudopurpurin ist bis jetzt auf künstlichem Wege noch nicht dargestellt worden. Man kann es nur aus dem natürlichen Krapp erhalten. Der für seine Darstellung am besten geeignete Körper ist das Purpurin des Handels, in welchem seiner Zeit das Pseudopurpurin, Purpurinhydrat und das Xanthopurpurin entdeckt worden war. Das Pseudopurpurin giebt beim Färben wenig haltbare Farben. Das Roth ist nicht schön, das Rosa ist lebhaft, vorzüglich als Dampffarbe. Mit Eisenbeize erhält man graublaue Nuancen. Alle diese Farben sind jedoch wenig widerstandsfähig bei den nachfolgenden Avivieroperationen. Das Färben gelingt nur in destilliertem Wasser, da kleine Mengen von kohlensaurem Kalk in dem zum Färben dienenden Wasser hinreichend sind, um das Pseudopurpurin in eine unlösliche Kalkverbindung zu verwandeln, welche nun nicht mehr auf der gebeizten Faser haften kann. Außerdem zeichnet sich das Pseudopurpurin durch seine leichte Zersezbarkeit aus, welche wahrscheinlich der Grund für einige von den Färbern gemachte merkwürdige Beobachtungen sein wird. Das reine und trockene Pseudopurpurin kann, ohne sich zu zersetzen, auf  $160^{\circ}$  erhitzt werden. Bei einer höheren Temperatur spaltet es sich glatt in Purpurin und Kohlensäure. In Folge des Bekanntwerdens dieser Reaktion mußte die Formel des Pseudopurpurins  $C_{14}H_8O_6$  in  $C_{15}H_8O_7$  umgeändert werden. Die Spaltung erfolgt nach der Gleichung:



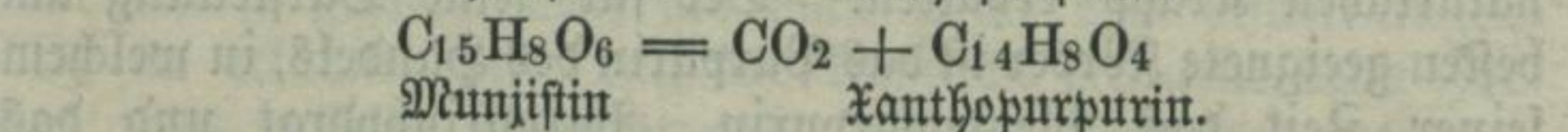
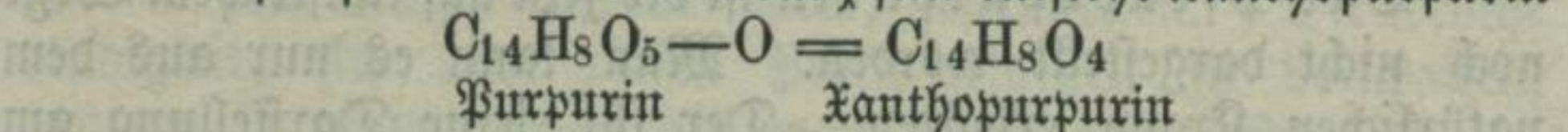
Pseudopurpurin                      Purpurin.

Bei Gegenwart von Wasser erfolgt diese Spaltung bei einer weit niedrigeren Temperatur, z. B. schon in der warmen Krappflotte, in welcher das Pseudopurpurin sich befindet. Aus diesen Grunde hat sich dieser Körper lange Zeit der Beobachtung der Chemiker entzogen. Außer diesem Uebergang des Pseudopurpurins in das Purpurin sind noch andere Zersezungen des Pseudopurpurins konstatiert worden. Das Purpurin, welches zuerst aus dem Pseudopurpurin entsteht, bildet Purpurinhydrat  $C_{14}H_8O_5 \cdot H_2O$ . Aus dem Pseudopurpurin entsteht in kleinen

Mengen das Munjistin, ein gelber Farbstoff, der sich vorzugsweise im ostindischen Krapp (*Rubia mungista*) finden soll.



Aus dem Purpurin und dem Munjistin entsteht Xanthopurpurin



Alle diese Körper sind in dem Krapp entdeckt worden; man darf sie jedoch nicht als in der Pflanze fertiggebildet ansehen, weil eine Behandlung des Pseudopurpurins mit warmem Wasser genügt, um sie zu erhalten.

Das Purpurin, welches man früher in dem Krapp fertig gebildet annahm, resultiert erst aus der Spaltung des Pseudopurpurins. Man stellt es am besten aus dem Purpurin des Handels dar. Auch das Xanthopurpurin, welches, wie eben angeführt, aus dem Purpurin entstehen kann, und ebenso das mit dem Xanthopurpurin isomere Alizarin kann durch Oxydation in Purpurin übergeführt werden. Von allen Farbstoffen des Krapps giebt das Purpurin die lebhaftesten rothen Nuancen. Dieselben spielen jedoch ins Orange und sind also verschieden von dem wirklichen Krapproth. Purpurin giebt mit Eisenbeize kein Violett. Die Farben sind beim Avivierprozeß sehr haltbar. Das Purpurinhydrat giebt beim Färben dieselben Resultate, wie das Purpurin. Es unterscheidet sich von diesem nur durch seine größere Löslichkeit.

Alizarin resultiert bei keiner der angegebenen Veränderungen des Pseudopurpurins. Alle Anstrengungen, das Purpurin in das Alizarin überzuführen, sind bis jetzt erfolglos geblieben. Das reine Alizarin ertheilt Thonerdebeizen keine rothe, sondern eine schwach bläulich rosenrothe Farbe. Eisenbeizen werden mit Alizarin schön blauviolett gefärbt. Die Farben sind äußerst stabil und widerstehen der Einwirkung des Lichtes und der beim Avivieren angewendeten Agentien.

Krapproth. Da die mit Purpurin erzeugten Farben sehr unbeständig sind, so sind es nur das Alizarin und das Purpurin, welche beim Färben mit Krapp die schönen und haltbaren Farben geben. Da aber das vom reinen Purpurin

herrührende Roth nicht das so beliebte Krapproth, sondern mehr ein Drangeroth ist, reines Alizarin jedoch mehr eine violette Farbe giebt, so muß man annehmen, daß das Krapproth nur mit einer Mischung beider erhalten werden kann. In der That erhält man die Nuance mit einer Mischung von 55 Theilen reinem Purpurin und 45 Theilen reinem Alizarin. Das Alizarin spielt also in der Krappfärberei nicht die überwiegende Rolle, welche man ihm früher zusprach, und die rothe Farbe, welche auf einem Türkischroth gefärbten Stück Zeug sich befindet, rührt nicht vom Alizarin allein, sondern von einer Mischung von Alizarin und Purpurin her. Hieraus erklären sich auch die bei der Analyse verschiedener Alizarinsorten erhaltenen verschiedenen Resultate. Man glaubte, eine chemisch reine Verbindung untersucht zu haben, und hatte die Analyse mit Alizarinen von verschiedener Zusammensetzung ausgeführt.

**Krappviolett.** Da das Purpurin zum Färben von Violett nicht geeignet ist, so wird diese Farbe um so schöner ausfallen, je reiner das angewandte Alizarin ist. Da kein Krapppräparat des Handels ein Purpurinfreies Alizarin enthält, so sind die mit diesen Präparaten erzeugten Violette weniger schön, als die mit künstlichem Alizarin dargestellten. Indessen gelingt es, auch mit Krapp ein leidlich schönes Violett zu erzeugen, wenn man zuvor das Purpurin durch Erhitzen des Krapps auf eine genügend hohe Temperatur zerstört, oder der Farbflotte Kreide zusetzt, wodurch das Purpurin, welches mit Kalk viel leichter eine unlösliche Verbindung bildet als mit Alizarin, zum Theil entfernt wird.

Die Farbstoffe, welche in dem zum Färben verwendeten Krapppräparaten enthalten sind, sind das Pseudopurpurin und das Alizarin. Das erstere würde, da es zum Färben ungeeignet ist, ohne industriellen Werth sein, wenn es nicht die werthvolle Eigenschaft besäße, sich in dem Farbbad durch die Einwirkung des heißen Wassers zu zersetzen und in Purpurin überzugehen, welches die zu matte und zu blaue vom Alizarin herrührende Farbe verbessert. Indessen dauert ein Färbeprozess nicht lange genug, als daß alles Pseudopurpurin zerstört werden könnte. Das letztere würde ohne die Mitwirkung des in dem Krapp und dem zum Färben benutzten Wasser enthaltenen Kalkes, welcher mit dem nicht in Purpurin übergegangenen Pseudopur-

purin eine unlösliche Verbindung bildet, ebenfalls auf der Faser fixiert werden und so die Haltbarkeit der Farben fraglich machen. Der Elsässer Krapp, dessen Aschen<sup>1)</sup> sehr kieselssäurereich und sehr kalkarm sind, hat daher auch nicht mit Avignoner Krapp, dessen Asche sehr kalkreich ist, rivalisieren können, selbst als man der Krappflotte Kreide zusetzte. Aus diesem Grunde enthalten die Rückstände aus den Krappfärbekübeln eine Verbindung von Pseudopurpurin mit Kalk. Lange Zeit ging dieses verloren. Erst 1843 beobachtete man, daß diese Rückstände wieder zum Färben geeignet werden, wenn man sie mit säurehaltigem Wasser kocht. Diese wiederbelebten Rückstände führen den Namen Garanceux<sup>2)</sup>. Der in diesem Präparat enthaltene Farbstoff ist vorzugsweise Purpurin, welches durch die Einwirkung des kochenden Wassers und der Säure auf das Pseudopurpurin entstanden ist. Es ist daher erklärlich, warum das Garanceux nur ein Drangeroth und nicht das reine und bläuliche Rosa der Krappblumen liefert und zum Violettfärben ungeeignet ist.

Eine gleiche Umwandlung erleidet der Krapp selbst bei der Fabrikation des Garancins. Sein Färbevermögen erhöht sich hierdurch im Verhältnis von 100 zu 175, indem an Stelle des beim Färben nachtheiligen Pseudopurpurins das Purpurin tritt. Das Garancin ist daher reicher an Farbstoffen, als der Krapp, von welchem man ausgegangen ist; beim Färben wird

1) Schlumberger erhielt aus 300 Gr. Avignoner Krapp beim Verbrennen 26,30 Gr. Asche, aus derselben Menge Elsässer Krapp 21,60 Gr. Asche. Die Analyse der Aschen ergab:

|                                            | Krapp<br>von Avignon | aus dem Elsaß |
|--------------------------------------------|----------------------|---------------|
| In Wasser lösliche Salze:                  |                      |               |
| Kohlensaures, schwefelsaures Kalium        |                      |               |
| Chlorkalium . . . . .                      | 12,20 Gr.            | 12,70 Gr.     |
| Kieselssäure . . . . .                     | 0,45                 | 1,95          |
| Phosphorsaur. Kalk und Aluminium . . . . . | 2,40                 | 4,00          |
| Kohlensaurer Kalk . . . . .                | 10,70                | 2,63          |
| Verlust . . . . .                          | 0,55                 | 0,32          |
|                                            | 26,30 Gr.            | 21,60 Gr.     |

Während der Avignoner Krapp wenig Thonerde und vorzugsweise phosphorsaurer Kalk enthält, liegt bei dem Elsässer Krapp gerade der umgekehrte Fall vor.

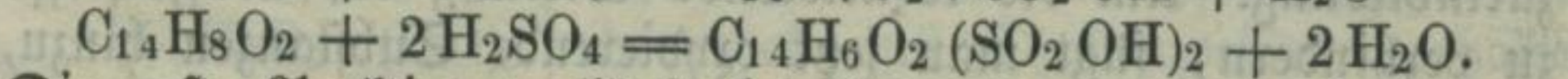
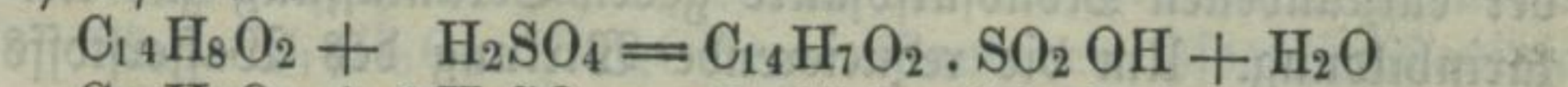
2) Eine Beschreibung der Krapppräparate des Handels findet sich dies. Jahrbuch, 4. Jahrgang, 1868, S. 401.

es jedoch andere Nuancen geben, weil das Purpurin in überwiegender Menge vorhanden ist.

### Künstliches Alizarin.

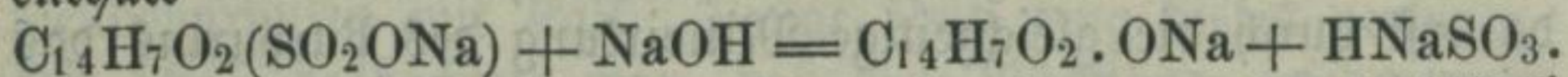
Das reine Alizarin, wie es durch Synthese erzeugt worden ist, würde allein nur zum Violettfärben haben dienen können, da erst durch die gleichzeitige Mitwirkung des Purpurins das wirkliche Krapproth erzeugt werden kann. Seine Anwendung würde nicht so allgemein geworden sein, daß es der Krappkultur den Todesstoß hätte geben können, wenn man nicht bei seiner fabrikmäßigen Darstellung gleichzeitig Verbindungen erhielt, welche das Purpurin, mit dem sie gleiche procentale Zusammensetzung haben, bei Erzeugung des Krapprothes mit Vortheil ersetzen könnten. Es ist also das künstliche Alizarin ebenso wie das Naturprodukt eine Mischung mehrerer Farbstoffe. Diese mit dem Purpurin isomeren Verbindungen sind das Isopurpurin und das Flavopurpurin. Außer diesen beiden Isomeren des Purpurins wird noch ein drittes in der Färberei verwendet, das Drychrysin, welches aus dem Anthracen durch einen etwas abgeänderten Prozeß gewonnen wird. Im Folgenden ist die Entstehung des Alizarins oder Biorhyanthrachinons  $C_{14}H_6(OH)_2.O_2$  und der drei Triorhyanthrachinone  $C_{14}H_5(OH)_3.O_2$  Isopurpurin, Flavopurpurin und Drychrysin und die Rolle, welche sie in der Färberei spielen, beschrieben.

Wenn man Anthrachinon, welches jetzt allgemein durch Oxydation von Anthracen mit chromsaurem Kali und Schwefelsäure dargestellt wird, mit Schwefelsäure behandelt, so bilden sich gleichzeitig eine Mono- und zwei Disulfosäuren des Anthrachinons.

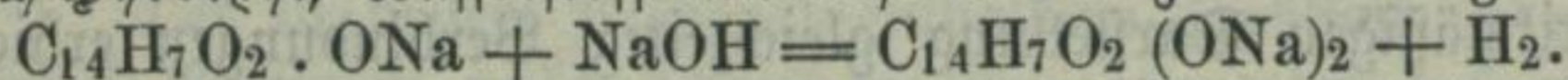


Die erste Reaktion verläuft bei Anwendung einer schwächeren Säure und einer niederen Temperatur und bei kurzer Einwirkung, die letztere durch Steigerung und Verstärkung all dieser Umstände. Durch Schmelzen dieser Anthrachinonsulfosäuren mit Natrium gelangt man zum Alizarin. Das Alkali tritt an Stelle des Schwefelsäurerestes im Anthrachinon, und es bildet sich eine Natriumverbindung des Alizarins. So einfach

jedoch diese Umsezung aussieht, so verläuft sie doch, wie schon früher erwähnt, in komplizierterer Weise. Da sich das Alizarin nur aus der Anthrachinonmonosulfosäure bildet, so würde, wenn das Alkali auf diese Säure in der Art einwirkte, daß nur der Schwefelsäurerest durch NaOH ersetzt wird, ein Körper entstehen, welcher 1 Atom Sauerstoff weniger als das Alizarin enthält



Wirkt jedoch auf dieses Monorhyanthrachinon nochmals Alkali ein, so wirkt es oxydierend, es ersetzt ein Atom Wasserstoff durch Hydroxyl, Wasserstoff entweicht und Alizarin wird gebildet

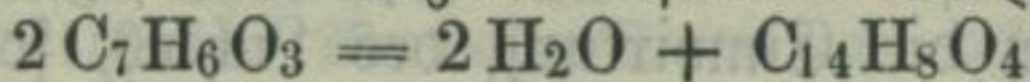


Die Einwirkung des Alkalis auf die Disulfosäuren des Anthrachinons ist analog der eben besprochenen. Zuerst werden die beiden Schwefelsäurereste durch Hydroxyl ersetzt, und es entstehen Körper, welche zwar isomer, aber nicht identisch mit dem Alizarin sind. Bei weiterer Einwirkung des schmelzenden Alkalis wird noch ein Atom Wasserstoff gegen Hydroxyl ausgetauscht, und es entstehen Farbstoffe, welche mehr Sauerstoff als das Alizarin enthalten, das Isopurpurin und das Flavopurpurin. Unter gewissen Umständen kann auch aus den Disulfosäuren Alizarin entstehen, wenn auch nur in sehr geringen Mengen. Wie die angeführte Gleichung zeigt, entsteht im Verlauf der Schmelze mit Alkali freier Wasserstoff. Wird derselbe am Entweichen verhindert, z. B. wenn man in verschlossenen Gefäßen arbeitet, so wirkt er reducierend auf die in der Schmelze enthaltenen Substanzen ein, das Alizarin reducirt er zu Monorhyanthrachinon, die Disulfosäure entweder zu Monosulfosäure oder selbst zu Anthrachinon, und die geringen Mengen der entstandenen Monosulfosäure geben Veranlassung zur Alizarinbildung. Um die reducierende Wirkung des Wasserstoffs zu verhindern, fügt man jetzt oxydierende Substanzen hinzu, z. B. chlorsaures Kali, Salpeter oder salpetersaures Natron. Das aus der Schmelze mit Säure abgeschiedene Produkt, welches aus einer Mischung von Alizarin, Isopurpurin und Flavopurpurin besteht, ist das sogenannte Alizarin für Roth. Um Alizarin für Violett, welches ein möglichst reines Alizarin sein muß, darzustellen, werden entweder die Anthrachinonsulfosäuren getrennt von einander mit Natron geschmolzen oder es werden

die fertigen Farbstoffe von einander getrennt. Diese Trennungsmethoden sind, wenn auch im Princip bekannt, bis jetzt noch meistens Geheimnis der Fabrikanten geblieben.

Um Drychryfacin zu erhalten, stellt man zuerst die Anthracendisulfosäure dar, ersetzt durch Schmelzen mit Natron den Schwefelsäurerest durch Hydroxyl und erzeugt dann erst durch Drydation das Triorchinon. Außer den beschriebenen und gegenwärtig wohl am meisten angewendeten Verfahren ist noch die ursprünglich angegebene Methode anzuführen, durch deren Auffindung sich Graebe und Liebermann (vergl. dies. Jahrb. Bd. 6 1870, S. 407) ein unauslöschliches Verdienst erworben haben. Dieselbe bestand darin, daß das durch Drydation des Anthracens entstandene Anthrachinon mit Brom in Dibromanthrachinon  $C_{14}H_6O_2 \cdot Br_2$  übergeführt, und letzteres durch Erhitzen mit Natrium auf etwa  $180-200^\circ$  in Alizarinnatron umgewandelt wurde.

Interessant ist noch eine andere Darstellungsmethode der drei Isomeren des Purpurins, welche allerdings noch nicht in der Industrie Eingang gefunden hat. Durch Erhitzen von Metaorchbenzoesäure mit konzentrierter Schwefelsäure auf  $200^\circ$  entstehen drei mit den Alizarin isomere Bioorchanthrachinone



welche mit Alkalien geschmolzen durch Drydation die drei Isomeren des Purpurins, das Isopurpurin, Flavopurpurin und Drychryfacin, geben. Bei den beschriebenen Prozessen entstehen eine große Anzahl von Bioorchinonen, welche jedoch alle, das Alizarin ausgenommen, in Triorchinone übergehen. Das Bioorchinon, Alizarin, entsteht aus der Anthrachinonmonosulfosäure  $C_{14}H_7O_2 \cdot (SO_2OH)$ . Das Isopurpurin kann entstehen durch Drydation der aus  $\beta$ -Anthrachinondisulfosäure  $C_{14}H_6O_2 \cdot (SO_2OH)_2$  entstandenen Isoanthraflavinsäure  $C_{14}H_6O_2 \cdot (HO)_2$  oder des aus Drybenzoesäure erhaltenen Anthraflavons  $C_{14}H_8O_4$ . In gleicher Weise erhält man das Flavopurpurin aus der aus  $\alpha$ -Anthrachinondisulfosäure oder aus Drybenzoesäure entstandenen Anthraflavinsäure  $C_{14}H_8O_4$ . Das Drychryfacin ist das Resultat der Drydation der Bioorchinone, welche durch Schmelzen von Anthracendisulfosäure mit Natron oder aus Drybenzoesäure (Anthrarufin) erhalten werden.

Will man sich nun eine Vorstellung von der Rolle, welche die drei Isomeren in der Färberei spielen, machen, so ist es vortheilhaft, auch noch das Alizarin und das Purpurin mit in die Diskussion zu ziehen, wodurch die Zahl der Farbstoffe, von denen wir nun Rechenschaft ablegen müssen, auf fünf wächst. Vom Gesichtspunkt der Färberei aus, muß man sie in zwei Gruppen trennen. Die erste Gruppe umfaßt diejenigen, welche die Thonerdebeize violettroth färben, d. h. ein Roth erzeugen, welches zu blau ist, als daß es Krapproth genannt werden kann. Hierher gehören das Alizarin und das Orpochrysin. Beide geben mit Eisenbeizen schöne violette Nuancen. Die zweite Gruppe umfaßt die Farbstoffe, welche Thonerdebeizen französischroth färben, d. h. eine Farbe erzeugen, welche weniger blau ist, als das Krapproth. Dahin gehören das Purpurin, das Isopurpurin und das Flavopurpurin. Um also violett zu färben genügt ein Farbstoff allein: man kann sowohl Alizarin, als auch Orpochrysin anwenden. Für Krapproth und Rosa sind jedoch zwei dieser Farbstoffe nöthig, und zwar irgend einer der ersten und irgend einer der zweiten Gruppe. Die so erhaltenen Farben erfüllen die zweifache Bedingung, nicht nur der Widerstandsfähigkeit beim Abwischen und gegen die Einwirkung des Lichtes, sondern auch der Möglichkeit einer vortheilhaften Darstellung, Bedingungen, welche ihnen eine ausgedehnte Verwendung in der Industrie sichern.



# Nekrolog

für das Jahr 1881.

Edward Richard Alston, Zoolog und Sekretär der Linnean Society, ein geborner Schotte aus Ayrshire, starb 35 Jahr alt in London am 7. März. Alston war ein gründlicher Kenner der vergleichenden Anatomie und lieferte seit einer Reihe von Jahren zahlreiche Beiträge zu verschiedenen zoologischen Zeitschriften. Seine erste größere Arbeit war die in der Zeitschrift „Ibis“ veröffentlichte Beschreibung der Reise, die er 1872 mit J. Harvie Brown nach Archangel unternommen hatte. Seine letzte und bedeutendste Arbeit sind die Säugethiere in Salvin und Godman's „Biologia Centrali-Americana“, einem großen Werke über die Fauna und Flora von Mexiko und Centralamerika, dessen erster Theil 1879 erschien.

Joseph Wilhelm Amrein-Troller, bekannt als Besitzer des Luzerner „Gletschergarten“ mit seinen Riesengletschertöpfen, Gletscherschliffen, Fündlingen u. s. w., starb in Luzern am 20. Juli. Die Entdeckung der großen Gletschertöpfe erfolgte beim Grundgraben für einen Keller.

Karl Arendts, geographischer Schriftsteller, Redakteur der „Deutschen Rundschau für Geographie und Statistik“, früher Professor beim königlichen Kadettenkorps in München, starb 11. Oktober zu Pöffenhofen am Starnberger See 66 Jahr alt.

George Bentham, Botaniker, geboren 1800 zu Slote bei Plymouth, starb im December in Südfrankreich. Nach in Petersburg durchlebter Jugend, verbrachte er die Zeit von 1814—1826 bei Montpellier, wo die südfranzösische und Pyrenäen-Flora von ihm studiert ward, widmete sich dann in England der Jurisprudenz, gab aber seine 1831 übernommene amtliche Stellung bald auf, um nur der Botanik zu leben. Sein Hauptwerk ist die mit Ferd. Müller herausgegebene Flora Australiensis (1863—70).

J. J. Bigsby, englischer Geolog, vorzüglich verdient um Erforschung der paläozoischen Schichten von Kanada und den benachbarten Unionsstaaten, starb im Februar. Er begann seine Laufbahn vor länger als 60 Jahren als Sekretär der nach dem Frieden von Gent (1814) eingesetzten Grenzregulierungskommission, in welcher Eigenschaft

er Gelegenheit hatte, die Gegend von Quebeck bis zum Obern See zu durchforschen. In seinen spätern Jahren lehrte er nach England zurück und beschäftigte sich mit Herausgabe seines „Thesaurus Siluricus“ und „Thesaurus Devonicus“; auch stiftete er 1877 eine von der englischen „Geologischen Gesellschaft“ zu ertheilende Preismedaille, welche seitdem den amerikanischen Paläontologen D. C. Marsh und E. D. Cope und dem Dr. Ch. Barrois in Lille zuerkannt worden ist.

W. R. Birt, Besitzer einer Privatsternwarte zu Cynthia Villa in Essex, bekannt durch seine langjährige Durchforschung der Mondoberfläche und durch Studien über die veränderlichen Sterne (er entdeckte 1831 die lange angezweifelte Veränderlichkeit von  $\alpha$  Cassiopejae), starb 14. December zu Leytonstone in seinem 78. Altersjahr.

John Blackwall, englischer Zoolog, besonders durch sein illustriertes Prachtwerk über die britischen Spinnen bekannt, starb 11. Mai zu Planroyst.

Bobierre, Gründer und Direktor des agronomischen Laboratoriums zu Nantes, Präsident der Agrikulturgesellschaft der Loire Inférieure, starb 20. October.

Theobald Böhm, Flötenvirtuos und Erfinder des nach ihm benannten, namentlich in Frankreich fast ausschließlich üblichen Fötensystems, geboren 9. April 1794 in München, starb daselbst als pensionierter Hofmusikus 25. November. Er hat zuerst nach akustischen Principien die Bohrung der Flöte versucht, die Tonlöcher an ihre richtige Stelle gesetzt und anstatt des bis dahin üblichen empirischen Verfahrens ein rationelles System begründet; seine Flöte zeichnet sich durch schöne Mechanik, reinere Stimmung und leichtere Ansprache vor der alten (Wiener) Flöte aus.

Rudolf Böttger, bekannt durch zahlreiche Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie und Technologie, Herausgeber des 1846 von ihm gegründeten „Polytechnischen Notizblattes“, starb 29. April in Frankfurt a. M. — B. wurde 28. April 1806 zu Aschersleben geboren und wirkte seit 1835 als Lektor des physikalischen Vereins in Frankfurt, anfangs für Physik und Chemie, später nur für letztere Disciplin. Von seinen mannigfachen Arbeiten mögen nur erwähnt werden: die galvanische Kopierung einer gestochenen Kupferplatte (September 1841), der Glasdruck (Hyalographie, 1842), die Schießbaumwolle (8. August 1846), Verbesserungen der Zündhölzchen (1846 und 1848), Versilbern des Glases (1852/6), Vernickeln des Eisens und Verstählen gestochener Kupferplatten (1872).

Alexandre Brierre de Boismont, bedeutender Irrenarzt, geboren 18. October 1797 zu Rouen, starb 20. December in Paris.

Emanuel Borický, durch seine mikroskopischen Gesteinsuntersuchungen bekannter Geolog, geboren 1840 zu Milin bei Przibram, 1865 Assistent der mineralogischen Sektion des böhmischen Museums in Prag, 1866 assistirender Professor an der Universität daselbst, 1869 Custos der mineralogischen Abtheilung des Museums, starb 27. Januar. Seit 1871 hielt B. an der Prager Universität Vorlesungen über Petrographie in tschechischer Sprache; er hinterließ ein druckfertiges Werk über Porphyre.

J. Bosio, Generaldirektor der technischen Lehranstalten des Königreichs Italien, starb 16. Oktober zu Alba.

Karl David Bouché, Botaniker, Inspektor des botanischen Gartens in Berlin, starb daselbst 27. September im 72. Lebensjahre.

Ami Boué, berühmter Geognost, starb in Wien am 22. November. Am 16. März 1794 in Hamburg als Sprößling einer reichen, nach Widerruf des Edikts von Nantes aus Frankreich ausgewanderten Familie geboren, studierte B. zuerst in Hamburg, dann in Genf, Paris, Edinburg und Berlin und unternahm von 1812 bis 1839 eine Reihe von Reisen durch Schottland, England, Irland, Frankreich, die Schweiz, ganz Deutschland, Oesterreich und die Türkei. Die Ergebnisse seiner Forschungen legte er in weit über 200 Werken, Karten und Abhandlungen nieder, neben welchen noch eine große Anzahl kleinerer Abhandlungen in Fachzeitschriften zerstreut erschien. Sein Hauptwerk (La Turquie d'Europe, 1880, 4 Bde.) behandelt die europäische Türkei vom historischen, geographischen und ethnographischen Standpunkte. Lange Zeit lebte B. als erster Sekretär der Geologischen Gesellschaft in Paris, seit 1848 aber in Wien, wo er Mitglied der Akademie wurde.

Jean Baptiste Bouillaud, durch seine Arbeiten über Herzkrankheiten berühmter Arzt, geboren 16. September 1796 zu Angoulême, seit 1868 Mitglied der Akademie, starb 30. Oktober in Paris.

William Bramsen, ein geborner Däne, der sich 12 Jahre lang in Japan aufhielt und dort die Sprache, Chronologie und Numismatik dieses Landes studierte, starb gegen Ende des Jahres. In seinem Werk über japanesische Chronologie, das 1880 erschien, hat er u. a. die Vermuthung ausgesprochen, daß das Jahr der Chinesen und Japanesen ehemals nur den Zeitraum von einem Aequinoctium bis zum folgenden umfaßte; wenn dieselbe richtig ist, so würden unsere Vorstellungen vom Alter der chinesischen und japanesischen Geschichte bedeutend zu modificieren sein.

Karl Christian Bruhns, hervorragender Astronom, geboren 22. November 1830 zu Plön in Holstein, ursprünglich Mechaniker, dann, nachdem er in Berlin studiert, 1856 Assistent an der dortigen Sternwarte, seit 1860 Professor der Astronomie und Direktor der Sternwarte zu Leipzig, die unter seiner Leitung neu gebaut wurde, auch Mitglied der europäischen Gradmessungs-Kommission, starb 25. Juni in Leipzig. Außer vielen Abhandlungen in wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlichte er eine preisgekürnte historische Schrift über die astronomische Strahlenbrechung (1861), eine Biographie seines Lehrers Ende (1868) und in Verbindung mit andern Gelehrten eine Geschichte des Lebens A. von Humboldt's (1872); auch organisierte er das meteorologische Beobachtungssystem im Königreich Sachsen und veröffentlichte die Beobachtungsergebnisse desselben.

Anton Bryk, Professor der Chirurgie an der Universität zu Krakau, berühmter Operateur, starb daselbst 17. Juli 62 Jahr alt.

Decimus Burton, britischer Architekt, Erbauer des Colosseums und des botanischen Gartens in London, starb 15. December in St. Leonards 81 Jahr alt.

Wilhelm Busch, hervorragender Chirurg, Schüler von Johannes

Müller und Langenbeck, starb 24. November in Bonn. Er wurde 5. Januar 1826 als Sprößling einer alten ärztlichen Familie in Marburg geboren, habilitierte sich 1851 als Privatdocent für Chirurgie an der Universität Berlin und fungierte als Assistent an der chirurgischen Klinik; 1855 folgte er einem Rufe als Professor der Chirurgie und Direktor der Klinik nach Bonn. Besonders hervorzuheben ist noch seine Thätigkeit in den Kriegen 1866 und 1870/71 als konsultativer Generalarzt des 8. Armeekorps.

Eugène Cortambert, Ehrenpräsident der Pariser Geographischen Gesellschaft und Oberbibliothekar der geographischen Abtheilung der französischen Nationalbibliothek, durch zahlreiche Lehrbücher um Einführung und Verbreitung geographischen Unterrichts in Frankreich sehr verdient, geboren 12. Oktober 1805 zu Toulouse, starb Anfang März in Paris.

E. Culmann, der berühmte Schöpfer der graphischen Statik, Vorstand der Ingenieurabtheilung des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich, starb 9. December.

Frederick Currey, englischer Jurist, der sich als Botaniker besonders durch seine Forschungen über Kryptogamenkunde verdient gemacht hat, geboren 4. August 1819 zu Eltham, starb um Mitte September.

Davioud, Stadtbaumeister von Paris, dem man u. a. die Fontaine Saint-Michel, die beiden Theater am Chateletplatz, die neuen Gartenanlagen im Park Monceaux und im Jardin d'Acclimatation, endlich den Trocadéropalast verdankt, starb Anfang April 58 Jahr alt.

Joseph Barnard Davis, englischer Arzt, bekannt durch seine außerordentlich reichhaltige Sammlung von menschlichen Schädeln und Skeletten aus allen Welttheilen, die in den Besitz des englischen College of Surgeons übergegangen ist, starb in der zweiten Hälfte des Mai in Hanley in Staffordshire gegen 80 Jahr alt. Außer dem Katalog seiner Sammlung (Thesaurus Craniorum 1867, mit Nachtrag 1875) veröffentlichte er noch „Crania Britannica“ (mit Dr. Thurnam), eine 1856 vollendete Beschreibung der Schädel der Ur-Eingeborenen und früheren Bewohner der britischen Inseln und Verschiedenes über die Schädel der Tasmanier und Polynesier.

Achille Delesse, französischer Geolog und Bergbauingenieur, starb in Paris 24. März. Nach Absolvierung seiner Studien in seiner Vaterstadt Metz trat D. im Alter von 20 Jahren in die Pariser Polytechnische Schule, darauf 1839 in das Bergingenieurcorps, bereifte Frankreich, Deutschland, Polen und Großbritannien und wurde 1845 Professor der Mineralogie und Geologie an der Fakultät zu Besançon, wo er auch als Bergingenieur thätig war. Fünf Jahre später kam er als Mineningenieur nach Paris, ward dort 1864 Professor der Agrikultur, Drainage und Bewässerung an der Ecole des Mines und 1878 Generalinspektor der Bergwerke im südöstlichen Frankreich.

Baron Herkules von Dembowski, polnischer Edelmann, seit einer langen Reihe von Jahren in Italien mit astronomischen Beobachtungen beschäftigt, starb 19. Januar in seinem Landhause bei Gallarate im 69. Lebensjahr. Vorzüglich werthvoll sind seine Doppelsternbeobachtungen,

die er 1852 mit einem dialytischen Fernrohr von 5 Fuß Brennweite auf einer kleinen Privatsternwarte begann und seit 1860 in Gallarate mit einem 7 zölligen Merz'schen Refraktor fortsetzte.

Etienne Henri Sainte Claire Deville, berühmter Chemiker, geboren 11. März 1818 auf der Antilleninsel St. Thomas, seit 1845 Professor an der Fakultät zu Besançon, seit 1851 an der Ecole Normale und der Sorbonne in Paris, 1861 Mitglied der Akademie, starb 1. Juli in Boulogne sur Seine. Auf den Arbeiten Wöhlers fußend, begann D. 1855 seine Studien über das Aluminium, welche mit Unterstützung des Kaisers Napoleon III. die Aluminiumindustrie begründeten. Epochenmachend sind ferner seine in Verbindung mit Debray durchgeführten Arbeiten über das Platin, das er zuerst in größeren Mengen schmolz. Von theoretischer Bedeutung sind die Untersuchungen über Dissociation bei hohen Temperaturen.

Augustin Dubrunfaut, technischer Chemiker, der sich besonders um die Zuckersfabrikation große Verdienste erworben hat, starb 7. Oktober im Alter von 85 Jahren.

John Duncan, ein armer Weber bei Alford in Aberdeenshire, der sich in seinen Mußestunden fleißig mit Botanik beschäftigte und 1880 der Universität Aberdeen ein Herbarium von 1131 britischen Pflanzenarten schenkte, geboren 24. December 1794, starb 9. August.

Sir Philip de Malpas Grey Egerton, englischer Paläontolog, dessen Specialität die fossilen Fische bildeten, geboren 1807, starb Anfang April.

Christian von Frisch, württembergischer Oberstudienrath, lange Zeit hindurch bis 1880 Vorstand der Stuttgarter Realschule, um die Astronomie verdient durch die Herausgabe der Werke Keplers und eine Biographie dieses Astronomen, geboren 5. November 1807, starb am 29. März in Stuttgart.

Jean Alfred Gautier, Astronom in Genf, einer der ersten, die einen Zusammenhang zwischen dem Erdmagnetismus und der Häufigkeit der Sonnenflecken entdeckten, starb im Alter von 88 Jahren am 30. November.

Romula Gessi, italienischer Afrikaforscher, starb 1. Mai in Suez. Geboren in Ravenna, machte G. in Wiener-Neustadt seine militärischen Studien und wandte sich dann später der Afrikaforschung zu, umschiffte Anfang 1876 mit Gordon den von Baker entdeckten Njanza-See und drang 1878 mit Matteucci in das Gebiet des Weißen Nil bis Fadusi vor. Später wurde er mit Gordon, der zum Pascha und Generalgouverneur des ägyptischen Sudan ernannt worden, einer der eifrigsten Bekämpfer der nubischen Sklavenjäger. Die ägyptische Regierung ernannte ihn 1879 zum Pascha und Generalgouverneur des Bahr Ghazal Macraca.

Christoph Gottfried Andreas Siebel, Zoolog, geboren 13. September 1820 in Quedlinburg, 1848 Privatdocent an der Universität Halle, seit 1861 ordentlicher Professor der Zoologie daselbst, starb 14. November. Von seinen zahlreichen zoologischen und paläontologischen Schriften sind besonders zu nennen die „Naturgeschichte des Thierreichs“ (5 Bde. 1858—63) und „Der Mensch“ (1868).

Gorini, Professor am städtischen Gymnasium zu Lodi, bekannt durch seine Arbeiten über vulkanische Erscheinungen, Versuche über Konservierung der Leichen und Agitation für Leichenverbrennung, starb in der Nacht zum 2. Februar.

W. E. Goffo, Vice-Generalvermesser von Südaustralien, durch Entdeckungsreisen in das Innere von Australien bekannt, starb im September in Adelaide.

John Gould, Ornitholog, geboren 14. September 1804 in Lyme, Dorsetshire, starb 7. Februar in London. Von seinem 14. Jahre an bildete er sich zu Windsor unter J. T. Aiton für Naturwissenschaften aus, schon damals für die Vögel besonderes Interesse zeigend, ging dann als Gärtner nach Ripley Castle in Yorkshire und 1827 nach London, wo er Curator des Museums der Zoologischen Gesellschaft wurde. Eine Sammlung von Vögeln aus dem Himalaya, damals eine große Seltenheit, gab ihm den Stoff zu seinem ersten Werke: „A Century of Birds from the Himalayan Mountains“. Dem folgten 1832—37 die „Birds of Europe“, sowie Monographien über die Rhamphastiden (1834), und Trogoniden (1838); auch beschrieb er die von Darwin auf der Fahrt des „Beagle“ gesammelten Vögel. In den Jahren 1838—40 verweilte er in Australien, durchforschte Tasmanien, die Inseln der Bassstraße, Südaustralien und Neusüdwales; die Ergebnisse dieser Reise erschienen in dem siebenbändigen Werke „Birds of Australia“ (1840—48) mit 3 Supplementbänden (1850—52) und in den „Mammals of Australia“ (12 Bde. 1845—60). Ein anderes wichtiges Werk sind die „Trochilidae“ (5 Bde. 1849—60); die äußerst reichhaltige Kolibri-sammlung, welche das Material dazu lieferte, war während der Londoner Weltausstellung 1851 in einem eignen Gebäude in Regent's Park ausgestellt. Von den übrigen Werken sind noch die „Birds of Asia“ (14 Bde. 1850—60) und die „Birds of Great Britain“ (2 Bde. 1862) zu erwähnen.

Jacob Häberlein, Obermaschinenmeister bei der Generaldirektion der bayerischen Verkehrsanstalten, Erfinder der nach ihm benannten Eisenbahnbremse, starb 12. Januar in München, nachdem er 2 Jahre früher vom Schlag getroffen worden.

Isaac Israel Hayes, amerikanischer Arzt und Nordpolfahrer, geboren 1832 zu Chester in Pennsylvanien, starb 13. December in Newyork. Er begleitete 1853—55 die Kane'sche Expedition als Schiffsarzt, leitete 1860 die von Grinnell und der Amerikanischen Geographischen Gesellschaft ausgerüstete Expedition und drang 1861 zu Schlitten bis 81° 35' n. Br. vor, machte als Arzt den Bürgerkrieg mit und unternahm 1869 in der Nacht des Malers Bradford eine neue Grönland-fahrt. Seine Reisen sind beschrieben in „The open Polar Sea“ (1867, deutsch: Entdeckungsreise nach dem Nordpol, 1868), „Physical observations in the arctic seas“ (1868), „Cast away in the cold“ (1868), „The land of desolation“ (1871).

Eduard Simon Heine, bedeutender Mathematiker, geboren 16. März 1821 in Berlin, starb 24. Oktober in Halle, wo er seit 1856 eine ordentliche Professur an der Universität bekleidete, nachdem er vorher seit 1844 in Bonn erst als Privatdocent und dann als außerordentlicher

Professor thätig gewesen. Außer zahlreichen Arbeiten in Crelle's Journal und den Abhandlungen der Berliner Akademie schrieb er ein „Handbuch der Kugelfunktionen“ (1861).

Ed. von Hering, langjähriger Vorstand der königlichen Thierarzneischule in Stuttgart, an welcher er seit ihrer Gründung 1822 thätig war, starb 28. März. Er war 20. März 1799 in Stuttgart geboren und machte seine Studien in Tübingen, Wien und München.

Karl Heinrich Hertwig, bedeutender Forscher auf dem Gebiete der Veterinärheilkunde, geboren 10. Januar 1798 zu Ohlau, nach vollendeten Studien in Breslau und Wien 1826 an der Thierarzneischule in Berlin angestellt, an welcher er bis vor wenig Jahren als Professor wirkte, starb 19. Juli.

Hermann Herwig, ordentlicher Professor an der technischen Hochschule zu Darmstadt, starb 28. April an den Folgen einer Operation.

Ladislauš Heschl, Forscher auf dem Gebiete der pathologischen Anatomie, der erste, der in Oesterreich eine Sammlung von haltbaren mikroskopischen Präparaten für pathologische Histologie angelegt hat, starb 25. März in Wien 57 Jahr alt. H. war in Wellsdorf in Steiermark geboren, studierte in Wien Medicin und promovierte 1849, war dann bis 1854 Assistent von Kofitansky, hierauf Professor in Olmütz und nach einem Semester in Krakau, von wo ihn 1861 die Einführung der polnischen Unterrichtssprache vertrieb, wurde nachher Professor der pathologischen Anatomie in Graz und 1875 Kofitansky's Nachfolger in Wien.

J. M. Hildebrandt, deutscher Gärtner und Botaniker, bekannt durch seine Reisen in Afrika 1871 an den Küsten des Rothen Meeres, 1875 in das Somaliland, nach Zanzibar, Ukamba, 1879 nach Zanzibar und Madagaskar, wo er 29. Mai in Tananariva einer Krankheit erlag. Er war 19. März 1847 in Düsseldorf geboren, wo sein Vater Direktor der Malerakademie war.

Ernst August Wilhelm Himly, geboren 14. December 1800 zu Braunschweig als Sohn des berühmten Ophthalmologen Karl Gustav H., seit 1832 außerordentlicher Professor der Physiologie, vergleichenden Anatomie und gerichtlichen Medicin an der Universität Göttingen, starb 16. Februar.

Ehr. W. Hochstetter, Garteninspektor und Universitätsgärtner in Tübingen, starb 23. September, 56 Jahr alt.

Stanislaus Janikowsky, Professor der gerichtlichen Medicin an der Universität Krakau, starb 22. April.

Stephan Joó, Botaniker, ehemals Direktor der Klausenburger chirurgischen Lehranstalt, starb 4. December in Klausenburg im 73. Altersjahre.

Ferdinand Keller, der Entdecker der Pfahlbauten, geboren 24. December 1801 auf dem Schloß Marthalen bei Zürich, starb 21. Juli in Zürich. Für den geistlichen Stand bestimmt, hörte K. sowohl in Lausanne als in Paris naturwissenschaftliche Vorlesungen und wurde, nachdem er eine Zeit lang Hauslehrer bei dem Reiseschriftsteller Henry Danby Seymour gewesen, 1831 als Lehrer am technischen Institut in Zürich angestellt. Die Entdeckung einer Anzahl keltischer Grabhügel

im Burghölzli bei Zürich gab Anlaß zur Gründung der Schweizerischen antiquarischen Gesellschaft, deren Präsident R. wurde und deren „Mittheilungen“ von 1837 an er fast allein geschrieben hat. Im Winter 1853/54 wurden dann bei Meilen im Zürichersee die Pfahlbauten entdeckt, denen bald zahlreiche ähnliche Funde folgten. Außer zahlreichen Arbeiten in den erwähnten „Mittheilungen“, sowie im „Historischen und antiquarischen Anzeiger“ veröffentlichte R. den „Bau des Klosters St. Gallen im J. 820“ (1844) und eine archäologische Karte der Ostschweiz (1874).

Ludwig von Klein, hervorragender Eisenbahntechniker, in seinen jüngern Jahren mit dem Ritter von Gerstner beim Eisenbahnbau in Rußland und Nordamerika beschäftigt, von 1844—77 in württembergischen Diensten anfangs als Mitglied und nachher als Vorstand der Eisenbahnbaukommission, sowie Präsident der Telegraphenverwaltung, starb 12. April in München.

Hermann Klendke, Arzt und medicinischer Schriftsteller, der unter dem Pseudonym H. von Maltitz auch eine Reihe Romane geschrieben hat, geboren den 16. Januar 1813, starb 11. Oktober in Hannover.

Gabriel Koch, Spenglermeister in Frankfurt a. M. und hervorragender Lepidopterolog, Verfasser des bekannten „Schmetterlingsbuch“, starb 22. Januar im Alter von 74 Jahren.

Ludwig Krapf, Missionär in Afrika 1837—43, 1844—53 und 1861—62, Dolmetscher bei der englischen Expedition in Abessinien 1867—68, der Entdecker des Binnensees Nyassa und der Schneeberge im äquatorialen Afrika, starb in Kornthal bei Stuttgart 26. November.

Gerhardt Kressft, australischer Forschungsreisender, geboren in Braunschweig 1830, starb Ende Februar. Nachdem er sich eine Zeit lang in den Vereinigten Staaten aufgehalten, ging er 1852 nach Melbourne, nahm dort 1858 an der von der Regierung ausgesandten Forschungsreise theil und kehrte mit reichen Sammlungen zurück, wurde hierauf M'Coy's Assistent am Museum in Melbourne, kehrte aber bald nach Deutschland zurück. Doch ging er 1859 im Auftrage des Hamburger Hauses Godoffroy u. Söhne wieder zur See, zunächst nach Südafrika, dann nach Sydney, wo er Sekretär des Australischen Museums und 1861 Curator desselben wurde, welches Amt er bis 1874 bekleidete. Kressft war wohl der erste, welcher die Reptilien Australiens gründlich studierte.

Bernhard Krüger, königlich sächsischer Hofbaurath, einer der hervorragendsten Baubeamten Sachsens, der das neue Museum in Dresden vollendet und die alte Gemäldegallerie zum Johanneum umgebaut hat, starb 1. Juli in Dresden während der Vorarbeiten zum Umbau der Festsäle im königlichen Schloß.

Paul Theodor von Krusenstern, russischer Viceadmiral, der Sohn des Leiters der ersten russischen Weltumseglung, Adam Johann v. K., starb 20. December auf dem väterlichen Gute Afß bei Klein-Marien in Estland. Geboren 1809 und im Lyceum zu Zarskoje gebildet, nahm K. schon 1826—28 an der vierten Russischen Weltumseglung auf der Korvette „Senjavin“ unter Kapitän F. P. Lütke theil. Die Neigung für Forschungsreisen und das Streben nach Er-



schließung neuer Handels- und Verkehrsgebiete hat die Richtung seines ganzen Lebens und Wirkens bestimmt. Namentlich war es das Gebiet der Petschora und das Karische Meer, wohin er bis ins späteste Alter seine Aufmerksamkeit richtete, um hier dem russischen Verkehr neue sichere Stationen zu schaffen. Eine Frucht mehrfacher Reisen in das Petschora-Gebiet war die mit dem Grafen Kaiserling-Kaiküll herausgegebene orographische Karte dieser Gegend. In den spätern Jahren beschäftigte ihn besonders der Plan einer Verbindung des Ob- und Petschoragebiets, und er hatte bereits eine Reihe Vorarbeiten, namentlich mühevollere Nivellements in Angriff genommen.

Karl Kugler, geboren 20. Mai 1803 in Monheim in Schwaben, seit 1834 Studienlehrer und 1834—65 Gymnasialprofessor in Eichstädt, bekannt durch sein geographisches Werk „die Altmühlalp, d. h. das Altmühlthal innerhalb seines Berglandes“ (1868), starb in Eichstädt 30. April.

Friedrich Kuhlmann, durch zahlreiche Entdeckungen bekannter Chemiker, starb 27. Januar in Lille. Geboren in Colmar 22. Mai 1803, studierte K. unter Bauquelin in Straßburg, sowie später in Paris und wurde 1832 Professor in Lille, wo er viele Jahre lang öffentliche Vorlesungen über Gewerbechemie hielt und chemische Fabriken gründete. Seine Arbeiten sind größtentheils gesammelt in den 1877 veröffentlichten „Recherches scientifiques“.

Lange, berühmter Gynäkolog, geboren 8. Februar 1813 zu Klein-Isar in Böhmen, starb, schon längere Zeit leidend, durch eigene Hand 25. Februar in Heidelberg. Nach vollendeten Studien in Prag praktizierte L. daselbst am allgemeinen Krankenhause, wurde 1842 Sekundärarzt an der Entbindungsanstalt und Privatdocent an der Universität, 1847 Professor der Geburtshilfe in Innsbruck, 1850 an der Hebammenklinik in Prag, endlich 1851 Professor der Medicin und Direktor der Entbindungsanstalt an der Universität Heidelberg.

Lefuel, bedeutender Architekt in Paris, starb 1. Januar.

Gustav Linnarsson, seit 1866 Docent für Geologie an der Universität Upsala, seit 1870 Theilnehmer an der geologischen Landesaufnahme von Schweden, vorzüglich mit der Geologie und Paläontologie der cambrischen und silurischen Schichten Schwedens beschäftigt, starb im September in Sköfde im Alter von 40 Jahren.

Humphrey Lloyd, Rektor (Provost) des Trinity-College in Dublin, starb 17. Januar. L. war 1800 in Dublin geboren, wo sein Vater die gleiche Stelle als Provost bekleidete; er bildete sich zu einem tüchtigen Mathematiker und Physiker aus und ward 1831 Professor der Naturphilosophie, 1862 Vice-Provost und 1867 Provost. Seine ersten wissenschaftlichen Arbeiten betrafen die mathematische Optik, er wies u. a. die von Airy theoretisch entdeckte konische Refraktion zuerst experimentell nach; später wandte er sich dem Erdmagnetismus zu und nahm wesentlichen Antheil an der Einrichtung erdmagnetischer Beobachtungsstationen über alle Theile des weiten britischen Reichs.

Paul Günther Lorenz, deutscher Naturforscher, der sich besonders durch seine Arbeiten über die Moose verdient gemacht hat, starb 5. November in Concepcion del Uruguay erst 46 Jahr alt.

Rudolf Hermann Lotze, deutscher Philosoph, geboren 21. Mai 1817 in Bautzen, nach vollendetem Studium der Medicin und Philosophie in Leipzig 1842 außerordentlicher Professor der Philosophie daselbst, 1845 ordentlicher Professor in Göttingen, 1880 in Berlin, starb daselbst 1. Juli. Von Lotze's zahlreichen Schriften gehören dem Gebiet der Naturwissenschaften an: „Allgemeine Pathologie und Therapie als mechanische Naturwissenschaften“ (1842) und „Mikrokosmos. Ideen zur Naturgeschichte und Geschichte der Menschheit“ (3 Bde. 1856—64).

M. von Malderen, Ingenieur der Pariser Gesellschaft „Alliance“ und Konstrukteur der magnetelektrischen Lichtmaschinen derselben, starb Ende März 70 Jahre alt in Brüssel.

Robert Mallet, englischer Ingenieur, in weitem Kreisen bekannt durch seine Arbeiten über Erdbeben, starb 5. November. M. war 3. Juni 1810 in Dublin geboren, wo sein Vater, der aus Devonshire stammte, als Civilingenieur lebte; er studierte am Trinity College in Dublin, bereiste 1831 den Kontinent und wurde dann Theilnehmer am väterlichen Geschäft. Seine Veröffentlichungen über Erdbeben begannen 1846, 1858 erschien sein großer Erdbebekatalog, 1872 die interessante Abhandlung „On volcanic energy, an attempt to develop its true nature and cosmical relations.“

François Mariette (Mariette-Bey), Egyptolog, Entdecker der Apisgräber bei Memphis etc, geboren 11. Februar 1821 zu Boulogne sur Mer, starb im Januar.

Sir Josiah Mason, der die Stahlfederfabrikation so wesentlich vervollkommen hat, daß man ihn vielfach als Erfinder derselben bezeichnet, starb 86 Jahr alt am 16. Juni in Birmingham. Er stammte aus Kidderminster, war von geringem Herkommen, wurde aber durch Fleiß und Ausdauer zum Millionär und Wohlthäter von Birmingham, das ihm ein mit einem Aufwand von 260000 Pfd. Sterling gebautes Waisenhaus und ein wissenschaftliches Seminar (185000 Pfd.) verdankt.

Pellegrino Matteucci, italienischer Afrikareisender aus Bologna, der drei Reisen in den schwarzen Kontinent unternommen hat, auf deren letzter er denselben vom Rothen Meer nach dem Golf von Guinea durchzogen hatte, starb 29 Jahr alt am 8. August in London.

Georg May, Professor an der landwirthschaftlichen Centralschule zu Weihenstephan, starb daselbst 11. Oktober.

Joseph Mayrhofer, Arzt und naturwissenschaftlicher Schriftsteller, starb 12. März auf seinem Landgut zu Neuhausen in Bayern im 52. Altersjahre.

Emile Menier, Inhaber der berühmten Chocoladenfabriken zu Saint-Denis und Noisiel, Schüler von Orfila und Pelouze, geboren 18. Mai 1826 in Paris, starb 18. Februar in Noisiel.

Charles Moore, Geolog, bekannt als fleißiger und erfolgreicher Sammler, starb in Bath im December.

Camille Sebastian Rabet, der Gründer der optischen Anstalt von Rabet und Söhne in Paris, sehr verdient um die Verbesserung der Linsen, besonders von Mikroskopen, starb im November.

G. H. F. Nesselmann, Professor der orientalischen Sprachen

an der Universität Königsberg, der er seit 1838 angehörte, um die Geschichte der Mathematik verdient durch seine „Algebra der Griechen“ (1842) starb 7. Januar.

Georg Hermann Nicolai, seit 1850 Professor der Baukunst an der Kunstakademie in Dresden, geboren 10. Januar 1811 in Torgau, starb 10. Juli in Bodenbach.

Friedrich Adolf Robert, Mechaniker, der einen Weltruf hatte durch die feinen Linien-systeme, die er auf Glasplatten herzustellen wußte, sogenannte Gitter, starb 22. Februar in Barth an der Ostsee. Bis vor Kurzem war R. der einzige, der solche Gitter lieferte, seit einigen Jahren hat aber Rutherford in Amerika Theilungen auf Metallspiegeln ausgeführt, welche die Robert'schen an Feinheit noch übertreffen, und in neuester Zeit hat der Berliner Mechaniker J. Wanschaff solche Gitter von vorzüglicher Güte geliefert.

E. Dehminen, Direktor des Landwirthschaftlichen Instituts in Jena, vor 1872 in Bonn, starb 1. December.

Francesco Pajusco, Professor der Geburtshilfe, 1878 in Fessari, 1879 in Catania, geb. 1842 in Vicenza, starb 3. Jan. in Leipzig.

Carlile P. Patterson, Superintendent der Küstenvermessung der Vereinigten Staaten, starb Anfang October.

Henry Pease, der dienstälteste englische Eisenbahndirektor, der mit seinem Vater Edward Pease und George Stephenson die Stockton-Darlington-Bahn gegründet hatte, zugleich der erste Quäker, der im Parlament saß, Präsident der Gesellschaft der Friedensfreunde, starb in London am 31. Mai 75 Jahr alt.

Eugène Pelouze, Sohn des berühmten Chemikers Jules P., Administrator der Pariser Gaskompagnie, Erfinder eines Gasreinigungapparates, starb 4. März in Cannes.

Perls, Professor der pathologischen Anatomie in Gießen, starb daselbst 15. Mai erst 37 Jahre alt.

Karl Ferdinand Peters, Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität Graz, starb daselbst 7. November. P. war 13. August 1825 auf dem Lobkowitz'schen Schloß Liebenhausen geboren, studierte in Prag und Wien Medicin, prakticierte eine Zeitlang, wandte sich aber dann der Geologie zu und ward Hilfsgeolog bei der geologischen Reichsanstalt, später Professor in Pest; von dort durch die Magyarisierung der Universität 1861 vertrieben, ging er nach Graz.

Frederick Joy Pirani, Professor der Naturphilosophie und Logik an der Universität Melbourne, tüchtiger Mathematiker, geboren 1850 in Birmingham, starb im September an den Folgen eines Sturzes vom Pferde.

Pirogoff, berühmter russischer Chirurg, starb 5. December in Petersburg im Alter von 75 Jahren.

Capitän Popelin, Führer der zweiten belgischen Expedition in Mittelafrika, starb, wie aus Zanzibar im August gemeldet ward, wie es scheint auf dem Wege von Ujiji nach dem Mamparadistrikt in Süd-Uguba.

Paul Franz Proust, früher Chefingenieur der französischen Marinebauten, starb als Bürgermeister in Niort am 18. März im 91. Altersjahr.

Ludwig Rabenhorst, früher Apotheker in Luckau, später in Dresden und seit mehreren Jahren in Meissen ganz den botanischen Studien und besonders der Untersuchung der Kryptogamen sich widmend, starb 24. April in Meissen im 75. Altersjahre. Von seinen Werken sind hervorzuheben eine zweibändige „Flora lusatica“ eine „Populäre praktische Botanik“, „Deutschlands Kryptogamen“ (2 Bde.) und eine Schrift über die Bacillarien Sachsens.

Maurice Raynaud, Mitglied der französischen Medicinischen Akademie, Verfasser des Werkes „Les médecins au temps de Molière“, starb 3. Juli in Paris.

Marchese Giuseppe Ricci, italienischer General, mit geographisch-geologischen Arbeiten beschäftigt, lange Jahre Mitglied der Europäischen Gradmessungs-Kommission, starb 70 Jahr alt am 25. Oktober im Castello di Bergano bei Novara.

George Rolleston, seit 1860 Linacre-Professor der Anatomie und Physiologie an der Universität Oxford, geboren 30. Juli 1829 in Maltby, starb 16. Juni. Außer einer Reihe von Abhandlungen über vergleichende Anatomie und Zoologie schrieb er die „Forms of Animal Life“ (1870); in der letzten Zeit beschäftigte er sich viel mit antiquarisch-anthropologischen Studien.

Wilhelm Rosenhauer, Professor an der Universität Erlangen, der er seit 1843, zuerst als Kustos des Naturalienkabinetts, seit 1852 als Privatdocent, seit 1858 als außerordentlicher Professor angehörte, starb 13. Juni. Er beschäftigte sich namentlich mit der Metamorphose und Lebensweise der Insekten und war weit über Deutschlands Grenzen bekannt durch seine bis jetzt unübertroffenen biologisch-entomologischen Präparate für Demonstrationen.

Raphael Rubattino, der Gründer und Generaldirektor der Società Rubattino, welche die erste direkte italienische Dampfschiffsverbindung mit Indien herstellte, starb 2. November in Genua im 71. Altersjahr.

John Sanderson, den Botanikern als Durchforscher der Flora von Südafrika bekannt, nach dem das Geschlecht Sandersonia benannt ist, seit 1850 in Durham in Natal lebend, starb im März.

Friedrich Scharff, ausgezeichneter Mineralog, der Jahrelang der Sammlung der Sendenbergschen Naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt a. M. vorgestanden und in den Abhandlungen dieser Gesellschaft verschiedene krystallographische Arbeiten veröffentlicht hat, Verfasser gründlicher rechtshistorischer und historischer Arbeiten, starb in Frankfurt 19. November im 70. Lebensjahre.

Matthias Jakob Schleiden, der berühmte Botaniker, starb am 23. Juni in Frankfurt a. M. Er war 5. April 1804 in Hamburg geboren, hatte in Heidelberg Jurisprudenz studiert, sich dann in Göttingen und Berlin den Naturwissenschaften zugewandt, wurde 1839 Professor der Botanik in Jena und wirkte dort bis 1862. Im nächsten Jahre folgte er einem Rufe als ordentlicher Professor für Pflanzenchemie und Anthropologie an die Universität Dorpat, welche er jedoch schon 1864 wieder verließ. Er wohnte seitdem abwechselnd in Dresden, Wiesbaden und Frankfurt a. M. Sein Hauptwerk sind die „Grundzüge der wissenschaft-

lichen Botanik", weitverbreitet sind seine populären Vorträge über „die Pflanze und ihr Leben“. Von seinen übrigen Schriften nennen wir „Beiträge zur Botanik“ (1844), „Ueber den Materialismus der neuen deutschen Naturwissenschaft“ (1863), „Das Meer,“ „Die Rose,“ „Die Bedeutung der Juden für die Erhaltung und Wiederbelebung der Wissenschaften im Mittelalter“ (1877). Seine „Gedichte“ gab er unter dem Pseudonym „Ernst“ heraus.

Andreas Schmid, der langjährige Herausgeber der „Bienenzeitung“, quiescierter Seminarpfäfer, starb 2. Mai. Neben der „Bienenzeitung“, welche er seit 1845, anfangs mit dem Bezirksgerichtsarzt Dr. Karl Barth und seit dessen am 5. Februar 1874 erfolgtem Tode allein herausgab, hatte er 1861—1872 ein theoretisch=praktisches größeres Werk über Bienenzucht in zwei Theilen und 1865 einen „Leitfaden für den Unterricht in Theorie und Praxis einer rationellen Bienenzucht“, beide gemeinsam mit Georg Kleine erscheinen lassen.

Georg Heinrich Eberhard Schnedermann, 1847 als Lehrer der Chemie an der höhern Gewerbschule in Chemnitz angestellt, 1850—1866 Direktor der vereinigten technischen Lehranstalten daselbst, seitdem wegen Krankheit im Ruhestand, starb 20. Januar in Dresden.

Matthias, Ritter von Schönerer, am Bau der Semmeringbahn theilnehmer hervorragender Ingenieur, starb 31. Oktober in Wien.

Albin Schöpff, Direktor des zoologischen Gartens in Dresden, starb daselbst 26. April.

Oskar von Schüppel, Professor der pathologischen Anatomie in Tübingen, starb 26. August zu Serneus in Graubünden. Geboren 10. August 1837 in Dresden, begann Schüppel seine wissenschaftliche Laufbahn in Leipzig und wurde von da nach Tübingen berufen, wo unter seiner Leitung das Institut für pathologische Anatomie eingerichtet ward.

Karl Schützenberger, geboren 15. Februar 1809 in Straßburg, seit 1834 Professor der Medicin an der dortigen medicinischen Akademie, später an der neugegründeten Universität, starb daselbst im Oktober.

Joseph Skoda, berühmter Arzt, der geniale Begründer der exakten Diagnostik, welcher das System der Perkussion und Auskultation zum erstenmale praktisch einführte und dadurch die neue Behandlungsmethode innerer Krankheiten schuf, starb 13. Juni in Wien. Skoda wurde am 10. December 1805 zu Pilsen in Böhmen geboren. Sein Vater betrieb das Schlosserhandwerk, ließ aber seinen Sohn sich der wissenschaftlichen Laufbahn widmen. Dieser beendete nun in seiner Vaterstadt die Gymnasial- und die philosophischen Studien und bezog im Jahre 1825 die Wiener Hochschule, wo er das Studium der Arzneiwissenschaft zu seinem Lebensberuf erwählte. Im Jahre 1831 erlangte er die Doktorwürde und trat sofort als Cholera-Bezirksarzt in Böhmen in die Praxis. Im Jahre 1833 trat er als Sekundärarzt in das allgemeine Krankenhaus in Wien ein und blieb bis zum Jahre 1838 in dieser Stellung. Im Jahre 1839 diente er drei Vierteljahre als Bezirksarmenarzt, und in dasselbe Jahr fällt die Veröffentlichung seiner be-

rühmten Schrift über Auskultation und Perkussion. Im Jahre 1840 wurde Skoda ordinierender Arzt der neugeschaffenen Abtheilung für Brustkranke im allgemeinen Krankenhause, 1841 Primärarzt, in welcher Eigenschaft er nebst der schon erwähnten Abtheilung für Brustkranke noch eine Abtheilung für interne Kranke und die Abtheilung für Hautkrankheiten zu versehen hatte. Im Jahre 1847 erfolgte seine Ernennung zum Professor der medicinischen Klinik, in welcher Eigenschaft er bis zu seiner auf sein Ansuchen erfolgten Pensionierung in den letzten Tagen des Monats Januar 1871 thätig war.

L. Spangenberg, Professor der Ingenieurwissenschaften an der technischen Hochschule und Direktor der technischen Versuchsanstalt in Berlin, starb daselbst 6. August.

Starley, der Erfinder des modernen Velocipèdes, starb Anfang Juli in Coventry.

B. Stirling, Konservator am anatomischen Museum der Universität Edinburg, ein ausgezeichnete Mikroskopiker und Präparator, geboren 1811 zu Milngavie in Stirlingshire, starb Anfang Oktober.

Otto Spiegelberg, ausgezeichnete Gynäkolog und Operateur, geboren 9. Januar 1830 zu Peine in Hannover, 1853 Privatdocent in Göttingen, 1861 Professor in Freiburg, 1864 in Königsberg, 1865 in Breslau, starb daselbst 10. August.

James Tennant, Professor der Mineralogie und Geologie an Kings College in London, „Mineralog der Königin“, eine Autorität im Fache der Edelsteinkunde, starb Anfang März 73 Jahr alt.

Constantin Ton, Professor der Architektur, ehemals Rektor der Akademie der Künste in Petersburg, starb daselbst 6. Februar 90 Jahr alt.

John Thomas Towson, der in der Geschichte der Anfänge der Photographie eine Rolle spielt, seit 1846 aber sich mit Problemen der Schifffahrt beschäftigte, besonders mit der Ablenkung des Kompaß auf eisernen Schiffen, starb 3. Januar in Liverpool im 77. Lebensjahre.

Franz, Freiherr von Uchatius, österreichischer Feldmarschallleutenant, erschoss sich 4. Juni in Wien. Er war 1811 zu Theresienfeld in Niederösterreich geboren, trat 1829 als Kadett in die österreichische Artillerie, wurde 1841 als Feuerwerker in die Geschützgießerei versetzt, 1842 zum Offizier, 1861 zum Major und Kommandanten der Artilleriezeugfabrik, 1867 zum Obersten und 1874 zum Generalmajor ernannt. Er erfand unter andern das Sprengpulver aus nitrificiertem Stärkemehl, vorzüglich aber machte er sich bekannt durch die Herstellung der sogenannten Stahlbronze und ihre Verwendung zum Geschützguß. Wegen seiner Verdienste um Verbesserung des Materials der Artillerie ward er in den Freiherrnstand erhoben.

Hewett Cottrell Watson, englischer Botaniker, starb Anfang August.

Karl Philipp Max Maria von Weber, berühmter Eisenbahntechniker, „der deutsche Eisenbahnphilosoph“, starb 18. April. W. war am 25. April 1822 als Sohn des berühmten Komponisten Karl Maria von Weber in Dresden geboren, bildete sich zuerst auf der dortigen technischen Bildungsanstalt aus, arbeitete dann praktisch bei Borsig

in Berlin, gleichzeitig bei Dove, Magnus und Mitscherlich Vorlesungen hörend, diente dann von der Pike auf den neuen Eisenbahnen in Deutschland als Maschinen- und Bauingenieur, arbeitete nachher unter Brunel in England und ward 1850 Direktor der sächsischen Staats-telegraphen, 1852 Mitglied der sächsischen Staatseisenbahndirektion. 1870 trat er in österreichische Dienste, um dort an der Reorganisation des Eisenbahnwesens mitzuwirken, doch ging er schon 1875 auf Achenbachs Anregung in das preussische Handelsministerium über und unternahm in dessen Auftrag Studienreisen nach England, Scandinavien und den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Schon früher, noch in sächsischen Diensten, hatte er Nordafrika, Norwegen und die Türkei bereist.

Wilhelm Weith, Professor der Chemie an der Universität Zürich, starb 29. November auf Corsika infolge eines Blutsturzes. Derselbe war 1844 zu Hamburg geboren, studierte die Naturwissenschaften mit glänzendem Erfolge und habilitierte sich 1866 an dem eidgenössischen Polytechnikum, sowie an der Universität Zürich. Im Sommer 1870 erhielt er an der ersteren Anstalt eine Honorarprofessur und im März 1871 wurde er Extraordinarius, im Juni 1874 Ordinarius an der Hochschule.

Karl Weyprecht, berühmter deutscher Nordpolfahrer, starb 29. März zu Michelstedt in Hessen. Geboren 8. September 1838 zu König im Odenwald, besuchte W. das Gymnasium und die Gewerbeschule zu Darmstadt, trat 1856 als Kadett in die österreichische Marine und ward 1861 Offizier. Nachdem er verschiedene Reisen in den Orient, nach Westindien, Mexiko, Nordamerika unternommen und 2 Jahre bei der dalmatinischen Küstenaufnahme thätig gewesen, unternahm er 1871 mit Jobjörn eine Vorexpedition nach Spitzbergen und Nowaja Semlja, worauf er 13. Juni 1872 mit Jul. Payer seine große Polarfahrt antrat, die bis Herbst 1874 dauerte und auf welcher eine Breite von  $82^{\circ} 5'$  erreicht wurde.

William White, englischer Chemiker, Lehrer der Metallurgie und Chemie an verschiedenen Instituten, starb 30. Januar in London 71 Jahr alt.

Friedrich Karl Hermann Wiebe, Ingenieur, geboren 27. Oktober 1818 zu Thorn, 1846 ordentlicher Lehrer am Berliner Gewerbeinstitut, 1853 Professor des Maschinenbaues daselbst und an der Bauakademie, 1877 Direktor der letztern, auch als praktischer Mühlenbauer erprobt, starb 26. März in Berlin.

L. Wislocki, Professor der Hygiene in Warschau, starb daselbst im Oktober 66 Jahr alt.

Lamont Young, Regierungsgeolog von Neu-Süd-Wales, verschwand Anfang des Jahres auf geheimnißvolle Weise.

E. Zabdach, Professor an der Universität Königsberg und Direktor des zoologischen Museums, starb plötzlich am Herzschlag 5. Juni.





Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header.

Handwritten text in the upper middle section of the page.

Main body of handwritten text, appearing to be a list or table with multiple columns and rows.

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a signature or date.

# Jahrbuch der Erfindungen.

## Preise der einzelnen Bände.

|                 |        |           |   |      |    |      |
|-----------------|--------|-----------|---|------|----|------|
| Erster Jahrgang | 1865   | . . . . . | 4 | Mark | 50 | Pfg. |
| Zweiter         | = 1866 | . . . . . | 4 | Mark | 50 | Pfg. |
| Dritter         | = 1867 | . . . . . | 5 | Mark | —  | Pfg. |
| Vierter         | = 1868 | . . . . . | 5 | Mark | —  | Pfg. |
| Fünfter         | = 1869 | . . . . . | 5 | Mark | —  | Pfg. |
| Sechster        | = 1870 | . . . . . | 5 | Mark | 75 | Pfg. |
| Siebenter       | = 1871 | . . . . . | 5 | Mark | 25 | Pfg. |
| Achter          | = 1872 | . . . . . | 5 | Mark | 25 | Pfg. |
| Neunter         | = 1873 | . . . . . | 5 | Mark | 25 | Pfg. |
| Zehnter         | = 1874 | . . . . . | 5 | Mark | 50 | Pfg. |
| Elfster         | = 1875 | . . . . . | 5 | Mark | 60 | Pfg. |
| Zwölfter        | = 1876 | . . . . . | 6 | Mark | —  | Pfg. |
| Dreizehnter     | = 1877 | . . . . . | 6 | Mark | —  | Pfg. |
| Vierzehnter     | = 1878 | . . . . . | 6 | Mark | —  | Pfg. |
| Fünfzehnter     | = 1879 | . . . . . | 6 | Mark | —  | Pfg. |
| Sechzehnter     | = 1880 | . . . . . | 6 | Mark | —  | Pfg. |
| Siebzehnter     | = 1881 | . . . . . | 6 | Mark | —  | Pfg. |

*Techn. A. 261.*











